

BEDRIJFSECONOMISCHE ASPECTEN VAN DE BEMESTING

Ir. A. Willemsen,
Landbouw-Economisch Instituut te 's-Gravenhage
en

Dr. Ir. Th. J. Ferrari,
Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Groningen

November 1959

Rapport No. 340
van het Landbouw-Economisch Instituut

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
WOORD VOORAF	4
INLEIDING	5
HOOFDSTUK I. DE THEORIE VAN HET ECONOMISCH OPTIMALE PUNT VAN BEMESTING	
§ 1. De probleemstelling	6
§ 2. Het verband tussen één variabele produktiefactor en het eindprodukt	7
§ 3. Het verband tussen twee variabele produktiefactoren en het eindprodukt	
a. Isoproduktcurve	11
b. Isocline	15
c. Isotime	16
d. Kostenlijn	18
§ 4. De algebraïsche bepaling van het optimale punt van bemesting	19
§ 5. De meetkundige voorstelling van een opbrengstvlak	20
§ 6. Enkele algemene opmerkingen	23
HOOFDSTUK II. DE VERWERKING VAN DE PROEFVELDGEGEVENS	
§ 1. Algemeen	26
§ 2. De prijzen in 1957	27
§ 3. De isoproduktenfiguur	
a. Het tekenen van de isoproduktenfiguur	28
b. Het bepalen van het economisch optimale niveau van bemesting	32
HOOFDSTUK III. HET GRANEN- EN VOEDERBIETENPROJECT (Pr. 578)	
§ 1. De proefomstandigheden	36
§ 2. De werkwijze	
a. Het tekenen van de isotime	38
b. De keuze van de isoproduktenfiguur	38
§ 3. De bepaling van het economisch optimale niveau van bemesting	
a. 1941 - zomertarwe	41
b. 1942 - voederbieten	43
c. 1943 - wintertarwe	45
d. 1944 - rogge	46
e. 1946 - zomertarwe	46

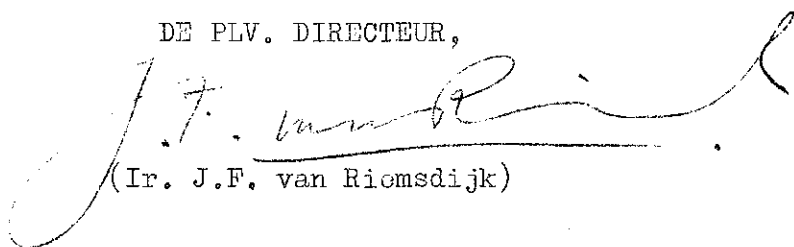
	Blz.
§ 4. De bespreking van de uitkomsten	47
a. Het economisch optimale punt of niveau van bemesting	48
b. Een vergelijking van de uitkomsten van de isoproduktenfiguur met het resultaat van het aftasten der opbrengsttabel	48
c. Wensen ten aanzien van de proefopzet	51
§ 5. De invloed van prijswijzigingen op het economisch optimale niveau van bemesting	
a. Algemeen	52
b. De invloed van de prijzen op de richting van de isotime	56
c. Het economisch optimale niveau van bemesting, bepaald bij de prijzen van 1939 en van 1948 t/m 1958	59
§ 6. De conclusies	62
HOOFDSTUK IV. HET AARDAPPELPROJECT (Pr. 965)	
§ 1. De proefomstandigheden	64
§ 2. De resultaten van de aardappelproef in 1949	65
a. De zetmeelopbrengst	66
b. De aardappelopbrengst	67
§ 3. Overzicht van de geldelijke opbrengst bij de verschillende produktierichtingen	70
SAMENVATTING	73
CONCLUSIES	77
BIJLAGEN	
Staten	79
Figuren	85

WOORD VOORAF

Het Landbouw-Economisch Instituut heeft bij zijn onderzoek behoefte aan veel technische gegevens. Hiertoe is veelal een nauwe samenwerking vereist met instituten die zich bezighouden met de technische zijde van de agrarische produktieprocessen. Klassieke voorbeelden van voor de economie van het bedrijf belangrijke technische relaties zijn die over bemesting en veevoeding.

Deze studie is een verheugend voorbeeld van samenwerking tussen technisch en economisch onderzoek. Dr. ir. Th. J. Ferrari van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid en ir. A. Willemsen van het Landbouw-Economisch Instituut brengen hier verslag uit van een onderzoek naar de economie van de bemesting van enkele gewassen op zavel- en op zandgrond.

DE PLV. DIRECTEUR,

A large, stylized handwritten signature in dark ink, appearing to read 'J.F. van Riemsdijk', is written over a horizontal line.

(Ir. J.F. van Riemsdijk)

's-Gravenhage, november 1959

INLEIDING

In dit rapport wordt verslag uitgebracht van een onderzoek over de economie van de bemesting van enkele gewassen op bepaalde grondsoorten. Het probleem wordt behandeld op welke wijze een aantal soorten meststoffen gecombineerd dient te worden ter verkrijging van een economisch optimaal resultaat bij gegeven niveaus van de overige groeifactoren. Hierbij staat de methodiek van de bepaling van de economische optima voorop. De uitkomsten hebben vanwege de beperkte probleemstelling nog een oriënterend karakter. Zo gelden b.v. de in deze studie gehanteerde relaties tussen opbrengsten en bemestingsniveaus bij de klimaatomstandigheden in de desbetreffende proefjaren. Dit houdt in, dat de in dit rapport gedane uitspraken over de economische optimale bemestingen een beperkte waarde hebben. Gegevens over vele jaren zouden immers nodig zijn om de optima te bepalen onder b.v. gemiddelde regionale klimatologische omstandigheden.

Terloops zij in deze inleiding reeds opgemerkt, dat de uitkomst van het onderzoek overeenstemt met een algemeen aanvaard standpunt, dat in Nederland bij de huidige prijsverhoudingen tussen eindprodukten en kunstmeststoffen op goede gronden vrij zware bemestingen economisch verantwoord zijn.

Een ander belangrijk onderwerp van dit rapport behelst de vraag welk traject van bemesting belangrijk is voor opzet van proefvelden ten behoeve van de praktijk. Aan de hand van de verschillende proefveldgegevens zullen hierover enkele uitspraken worden gedaan.

De theorie van het economisch optimum wordt in hoofdstuk I behandeld. De volgende hoofdstukken zijn gewijd aan de bepaling van de economische bemestingsoptima op basis van gegevens over enkele jaren van twee proefvelden. Op grond van deze gegevens worden de relaties tussen de bemestingsniveaus en de opbrengsten van de gewassen in grafische vorm weergegeven. Dit brengt tevens mee, dat de bepaling van de optimale bemestingsniveaus grafisch is geschied.

HOOFDSTUK I

DE THEORIE VAN HET ECONOMISCH OPTIMALE PUNT VAN BEMESTING

§ 1. D e p r o b l e e m s t e l l i n g

De schaarste der produktiemiddelen dwingt ons tot een economisch doelmatig handelen met de hoeveelheden die ter beschikking staan en wel op een wijze dat een zo gunstig mogelijk resultaat wordt verkregen.

Bij het bepalen van de hoeveelheid en de combinatie van de kunstmest-voedingsstoffen ter verkrijging van een economisch optimale opbrengst heeft men met een technisch en een economisch vraagstuk te maken. Er is sprake van een uitsluitend technisch vraagstuk, voor zover men een antwoord wil geven op de vraag hoeveel eenheden van de produktiemiddelen moeten worden samengevoegd voor de verkrijging van een hoeveelheid produkt. Het vraagstuk krijgt een economische kant, indien het onderzoek zich richt naar de opoffering van de kleinste hoeveelheid middelen om dit resultaat te bereiken. De economisch meest gunstige combinatie wordt gevormd door die kwantitatieve verhouding van de middelen, waarbij het gestelde doel bij de gegeven waarde- en prijsverhouding van de middelen met de geringste opoffering van waarde wordt bereikt. De bepaling van de hoeveelheid en de onderlinge substitueerbaarheid van de voedingsstoffen doet het economische probleem ontstaan.

Het vraagstuk van de substitutie vormt een kernvraagstuk van de economie. Hierbij wordt onderscheiden een kwalitatieve en een kwantitatieve substitutie. Onder kwalitatieve substitutie verstaan wij de vervanging van het produktiemiddel a in zijn medewerking met b door een middel c.

Onder kwantitatieve substitutie verstaan wij de vervanging van een hoeveelheid van a - bij een samenwerking van de middelen

a en b - door een hoeveelheid van b, al of niet in een gelijk kwantum. De substitueerbaarheid veronderstelt de mogelijkheid van samenwerking der middelen in verschillende combinaties, derhalve veranderlijke verhoudingen.

Voor Nederlandse omstandigheden is in het algemeen het gebruik van kunstmeststoffen economisch verantwoord. Daarbij dient men zich wel af te vragen welke kunstmestsoorten men denkt te gebruiken, in welke hoeveelheden en in welke combinatie bij verschillende gewassen en op verschillende grondsoorten. Ook behoort de rentabiliteit van de bemesting vergeleken te worden met de rentabiliteit van de gelden, die men op een andere wijze in het bedrijf kan investeren b.v. in de veestapel. Van deze problematiek zien wij in deze studie af.

Ter beantwoording van enkele van de hiervoor genoemde problemen gaan wij uit van bemestingsproeven. De resultaten van deze proeven, de prijzen van de kunstmest-voedingsstoffen en van de hiermede verkregen produkten bepalen het optimale punt van bemesting.

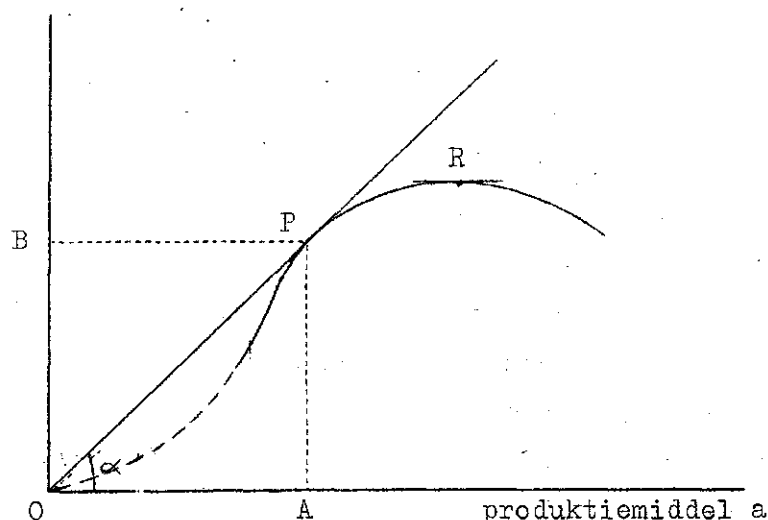
§ 2. Het verband tussen één variabele produktiefactor en het eindprodukt

De groei van de hoeveelheden eindprodukt p, bij toeneming van één variabele produktiefactor a, terwijl de overige factoren in grootte constant blijven, kan worden aangegeven door een produktiecurve. Deze curve is in fig. 1 getekend en stemt vrij goed overeen met de resultaten van de bemestingsproeven, die in het volgende hoofdstuk worden besproken. Ten aanzien van de bemesting kunnen wij dus zeggen dat de curve het verband weergeeft tussen de opbrengst van een gewas en de toegediende voedingsstof, terwijl de overige produktiefactoren constant worden gehouden.

Figuur 1

DE PRODUKTIECURVE

eindprodukt p



Punt P van fig.1 is het raakpunt van de raaklijn uit de oorsprong aan de curve. In dit punt is de opbrengst per eenheid produktiemiddel het grootst. Het wordt bepaald door het quotient van het totaalprodukt ($BO = PA$) en het totale aantal eenheden van de variabele factor (OA). Hierbij is $\frac{PA}{OA}$ gelijk aan $\text{tg } \alpha$, waarbij α de hoek is tussen de raaklijn aan de curve en de x-as.

Boven P kan een eenheid van produktiemiddel a een produktieverhoging geven, die in waarde groter is dan de kosten van een eenheid produktiemiddel. Dan is het economisch verantwoord deze eenheid toe te voegen. Hoe verder wij rechts van P komen (tot punt R) des te kleiner wordt de meeropbrengst per eenheid produktiemiddel, dat wordt toegevoegd. Dit komt ook tot uiting in de opbrengst per eenheid produktiemiddel (over het gehele traject gemeten).

want van P naar rechts gaande wordt dit produkt steeds kleiner (de hoek α wordt kleiner).

Wij behoren zover te gaan op traject PR van de produktiecurve totdat de laatst toegevoegde waarde van a gelijk is aan de waarde van de hiermede geproduceerde hoeveelheid p. Het punt op het traject PR, waarbij aan deze voorwaarde is voldaan, heet het punt van economisch optimale produktie. In dit punt is het verschil tussen de opbrengst van het eindprodukt en de kosten van het produktiemiddel het grootst.

Stel Δa is de laatst toegevoegde eenheid produktiemiddel; Δp is het hiermede geproduceerde produkt, P_a = prijs produktiemiddel en P_p = prijs produkt.

In het economisch optimale punt van de produktiecurve is dan:

$$\Delta p \times P_p = \Delta a \times P_a \text{ of}$$

$$\frac{\Delta p}{\Delta a} = \frac{P_a}{P_p}$$

of verbaal uitgedrukt: in het economisch optimale punt van de produktiecurve is de toeneming van het produktieresultaat per toegevoegde eenheid van de variabele factor omgekeerd evenredig met de prijsverhouding.

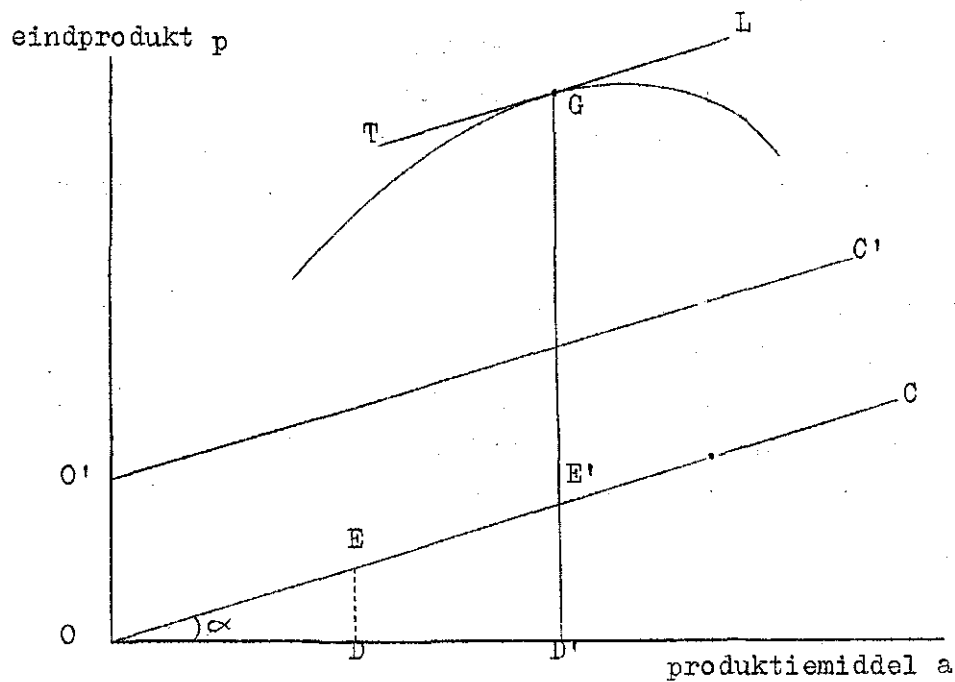
Wiskundig is af te leiden dat $\lim_{\Delta a \rightarrow 0} \frac{\Delta p}{\Delta a}$ (of $\frac{d_p}{d_a}$) in een bepaald punt van de curve gelijk is aan de tangens van de hoek, die gevormd wordt door de raaklijn aan de curve in dat punt en de x-as.

Indien de produktiefunctie wordt weergegeven door een formule kunnen wij het economisch optimale punt bepalen door het differentiaalquotient van deze formule ($\frac{d_p}{d_a}$) gelijk te stellen aan $\frac{P_a}{P_p}$.

Het economisch optimale punt kan ook langs meetkundige weg bepaald worden. In het optimale punt is de tangens van de hoek tussen de raaklijn aan de curve en de x-as gelijk aan $\frac{P_a}{P_p}$. Om deze hoek te bepalen trekken wij van de oorsprong uit een lijn door E, waarvan de coördinaten zijn P_p (=OD) en P_a (=ED). Zie figuur 2.

Figuur 2

HET BEPALEN LANGS MEETKUNDIGE WEG VAN HET ECONOMISCH OPTIMALE PUNT VAN DE PRODUKTIECURVE



$$\text{tg } \alpha \text{ is nu gelijk aan } \frac{ED}{OD} \left(= \frac{P_a}{P_p} \right)$$

Vervolgens trekken wij een raaklijn TL aan de curve, die evenwijdig loopt aan OC. Het raakpunt G is dan het economisch optimale punt, want de hoek van TL met de x-as = $\text{tg } \alpha$ (TL//OC).

$$\text{tg } \alpha = \frac{E'D'}{OD'}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{P_a}{P_p}$$

$$\text{of } E'D' = \frac{P_a \times OD'}{P_p} = \frac{\text{totale kosten van het produktiemiddel}}{\text{prijs van één eenheid produkt}}$$

of $E'D$ is het aantal eenheden produkt, waarvan de opbrengst gelijk is aan de kosten om $D'G$ te produceren. Dit geldt voor ieder punt van OC ; OC geeft dus aan de kosten van het produktiemiddel, uitgedrukt in hoeveelheden van het produkt. De afstand tussen een punt van de curve en het overeenkomstige punt op OC is dus het overschot (winst), uitgedrukt in eenheden van p . Uit figuur 2 is duidelijk af te leiden dat bij GE' het grootst mogelijke overschot wordt bereikt.

Kort samengevat kunnen wij dus het economisch optimale punt van de produktiecurve bepalen door allereerst een lijn te trekken door de oorsprong en een punt E , waarvan de coördinaten zijn P_p en P_a . Vervolgens trekken wij een raaklijn aan de produktiecurve, die evenwijdig aan OE loopt. Het raakpunt is dan het economisch optimale punt van de produktiecurve. De verticale afstand tussen G en het hiermede corresponderende punt op OE of in het verlengde van OE geeft het overschot van de produktie, uitgedrukt in de eenheden van het eindprodukt.

Indien de vaste kosten, die met de produktie samengaan, bekend zijn, kunnen deze ook in de grafiek worden afgezet d.m.v. de lijn $O'C'$. Hierbij behoort de verticale afstand tussen $O'C'$ en OC gelijk te zijn aan de vaste kosten, uitgedrukt in de eenheden produkt van de y -as.

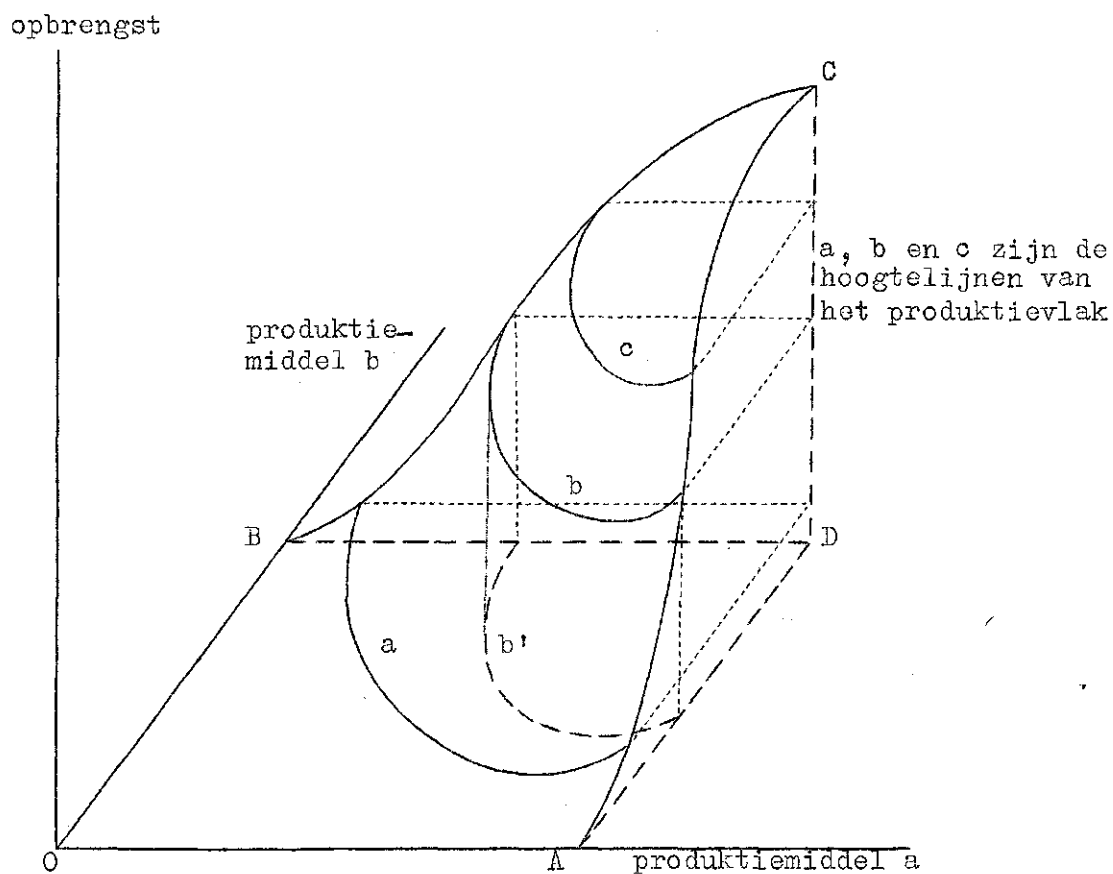
§ 3. Het verband tussen twee variabele produktiefactoren en het eindprodukt

a. Isoproduktcurve

Indien wij de hoeveelheid voortgebracht produkt in afhankelijkheid van twee variabele produktiefactoren in beeld willen brengen dan kan dit geschieden op een wijze, zoals in figuur 3 is aangegeven. De opbrengst CD wordt bijvoorbeeld verkregen met OA -eenheden van produktiemiddel a en OB -eenheden van produktiemiddel b .

Figuur 3

HET VERBAND TUSSEN TWEE VARIABLE PRODUKTIEMIDDELEN
EN DE OPBRENGST



De curven a, b en c zijn hoogtelijnen van het gekromde produktievak. De punten van één hoogtelijn, b.v. van hoogtelijn c, hebben betrekking op dezelfde opbrengst, die met verschillende combinaties van produktiemiddel a en b kan worden verkregen.

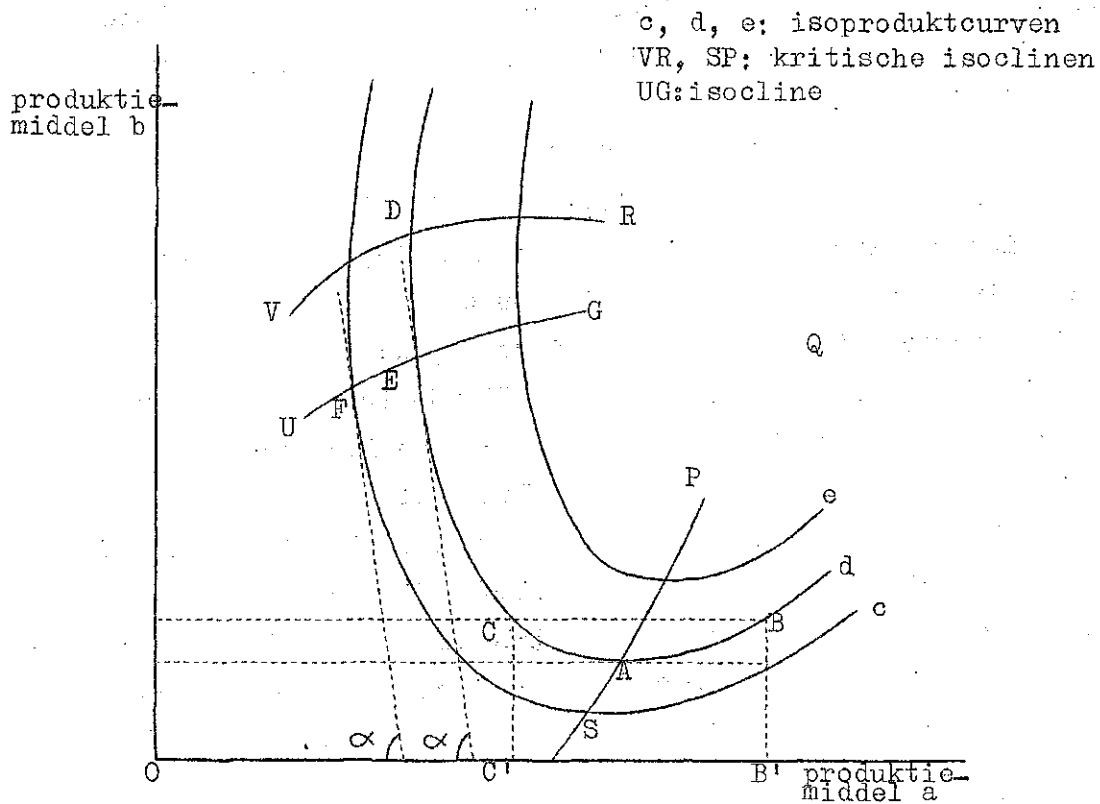
Het is lastig met deze ruimtelijke figuur te werken. Daarom projecteren wij de hoogtelijnen op het grondvlak. Zo is curve b' in figuur 3 de projectie van hoogtelijn b op het grondvlak. Een dergelijke curve in het grondvlak wordt isoproduktcurve genoemd. In figuur 4 zijn 3 isoproduktcurven getekend. Deze isoproduktcurven hebben dus de eigenschap dat alle punten van een curve betrekking hebben op dezelfde opbrengst. De coördinaten van een dergelijke puntenverzameling geven de combinaties van de toegediende kunstmeststoffen weer, die deze opbrengst leveren.

Bij de isoproduktcurven valt de coördinaat weg, die de opbrengst aangeeft. Hier moeten wij dus bij iedere curve aangeven, hoe hoog de daarbij behorende produktie is.

Het gehele gekromde produktievlak kan men zich overdekt denken met hoogtelijnen; evenzo het platte vlak met isoproduktcurven. Het produktievlak zal een top vertonen, omdat van de beide variabele produktiefactoren op een gegeven moment zoveel zal zijn toegevoegd - terwijl de overige produktiefactoren constant worden gehouden - dat een nadelig effect optreedt en wij een daling van de produktie krijgen. Dit betekent dat de isoproduktcurven gesloten lijnen vormen, voor zover deze tenminste niet beginnen en eindigen op de x - of y -as. De isoproduktcurven kunnen elkaar niet snijden, want dit zou betekenen dat - onder gelijke proefomstandigheden - met gelijke kunstmestgiften twee verschillende opbrengsten mogelijk zijn. Er is één bepaalde hoeveelheid van produktiemiddel a en van produktiemiddel b denkbaar, waar de opbrengst maximaal is; wij zitten dan op de top van het produktievlak. Hier wordt de hoogtelijn voorgesteld door één punt; de hiermede overeenkomende isoproduktcurve in het platte vlak is dus ook een punt. In figuur 4 ligt dit punt in de buurt van Q .

Figuur 4

ISOPRODUKTCURVEN EN ISOCLINEN



De isoproductcurve veronderstelt een continue variatie-mogelijkheid van de kwantiteiten en daarmee een continue substitutiemogelijkheid van de samenwerkende middelen. Niet al deze mogelijkheden zijn economisch doelmatig.

Uit het verloop van de isoproductcurve kan worden afgeleid dat er een moment komt, waarop de vermeerdering van het one middel niet meer gepaard gaat met een vermindering van de hoeveelheid van het andere middel. Dit is het geval wanneer wij in figuur 4 gaan van punt A naar punt B, beide gelegen op de isoproductcurve d. Het is duidelijk dat rechts van A de kwantitatieve verhouding irrationeel wordt. Immers de punten B en C liggen op dezelfde isoproductcurve en stellen dus combinaties van twee pro-

duktiemiddelen voor, die een zelfde opbrengst geven.

In beide gevallen is een zelfde hoeveelheid van b gebruikt, doch van produktiemiddel a bij punt C een hoeveelheid van OC' en bij punt B : OB' . $C'B'$ is dus een verspilling van produktiemiddel a .

Punt A waar een lijn evenwijdig aan de x -as isoproduktcurve d raakt, is de grens van de rationele substitutie. Bij alle punten van de isoproduktcurve d , die rechts van A liggen, zijn punten te vinden links van A (ook op d), die een zelfde opbrengst geven bij gelijke hoeveelheid van produktiemiddel b , doch minder van a . De lijn die de punten " A " van de verschillende isoproduktcurven met elkaar verbindt, scheidt de rationele van de irrationele fase. In figuur 4 is dit de lijn SP . Hetzelfde geldt voor de lijn VR .

De isoproduktcurve veronderstelt twee variabelen; bij drie variabelen krijgt men een stereometrische figuur, doordat er geen lijnen, doch vlakken ontstaan. Bij drie of meer variabelen wordt het veel lastiger het vraagstuk op grafische wijze op te lossen; de algebraïsche vorm verdient dan wel de voorkeur.

b. Isocline

Een isocline is een lijn, waarvan de punten raakpunten zijn van onderling evenwijdige raaklijnen aan de isoproduktcurven. Het gehele vlak kan men zich overdekt denken met isoclinen. In figuur 4 is de lijn UG een isocline, want de raaklijnen aan de isoproduktcurven c en d in de punten F en E maken een gelijke hoek α met de x -as. Punt F is het snijpunt van isocline UG en isoproduktcurve c . Stel nu dat bij punt F een kleine hoeveelheid van produktiemiddel a (Δa) wordt vervangen door een kleine hoeveelheid van b (Δb), zodanig dat er evenveel wordt geproduceerd. Wiskundig is nu af te leiden, dat het differentiaalquotient $\frac{db}{da}$ in punt F gelijk is aan $\tan \alpha$ (vgl. § 2). Hetzelfde geldt voor punt E en evenzo voor alle punten van isocline UG .

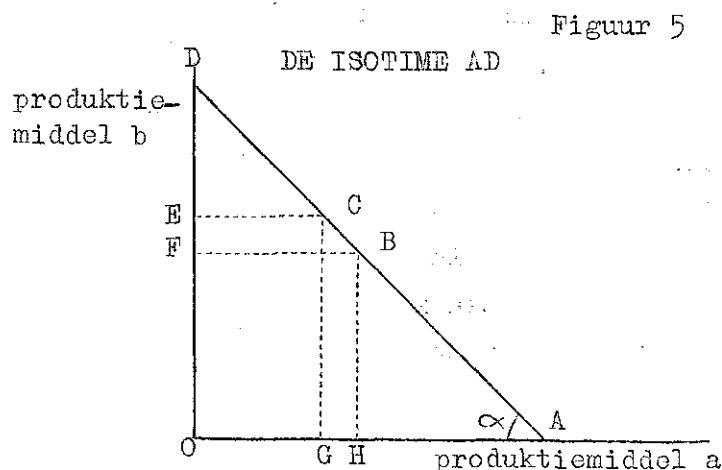
In punt A loopt de raaklijn aan de isoproduktcurve d evenwijdig met de x-as. De isocline door punt A noemt men de kritische isocline, omdat deze lijn de rationele fase van de produktcurve scheidt van de irrationele fase. Hetzelfde geldt voor punt D.

De rationele variatiemogelijkheden worden dus begrensd door de kritische isoclinen in figuur 4 dus door de lijnen SP en VR. Hoe verder de kritische isoclinen van elkaar verwijderd zijn des te groter is technisch gezien de substitutiemogelijkheid. Vallen deze isoclinen samen, dan is er geen substitutiemogelijkheid en is er sprake van standvastige verhoudingen. Alle isoclinen komen samen in het punt, dat de hoogst bereikbare opbrengst voorstelt.

c. Isotime

Nu moeten wij op de isoproduktcurve het punt bepalen waar wij, economisch gezien, het beste resultaat krijgen. Daartoe bepalen wij eerst de ligging en de vorm van de curve, waarvan de punten verschillende combinaties van de produktiemiddelen weergeven met in totaal dezelfde opgeofferde waarde. Deze curve heet de isotime.

De isotime is dus de meetkundige plaats van de punten, welke de kwantitatieve verhoudingen van de middelen aangeven, die bij een gegeven prijsverhouding van de middelen met een zelfde opoffering van waarde gepaard gaan. Gaan wij er nu van uit dat de prij-



zen in een bepaald geval vast liggen en niet afhankelijk zijn van de gebruikte hoeveelheden produktiemiddelen, dan is de isotime een rechte lijn. Deze rechte lijn maakt met de x-as een hoek, waarvan de tangens gelijk is aan $\frac{P_a}{P_b}$ (P_a is de prijs van een een-

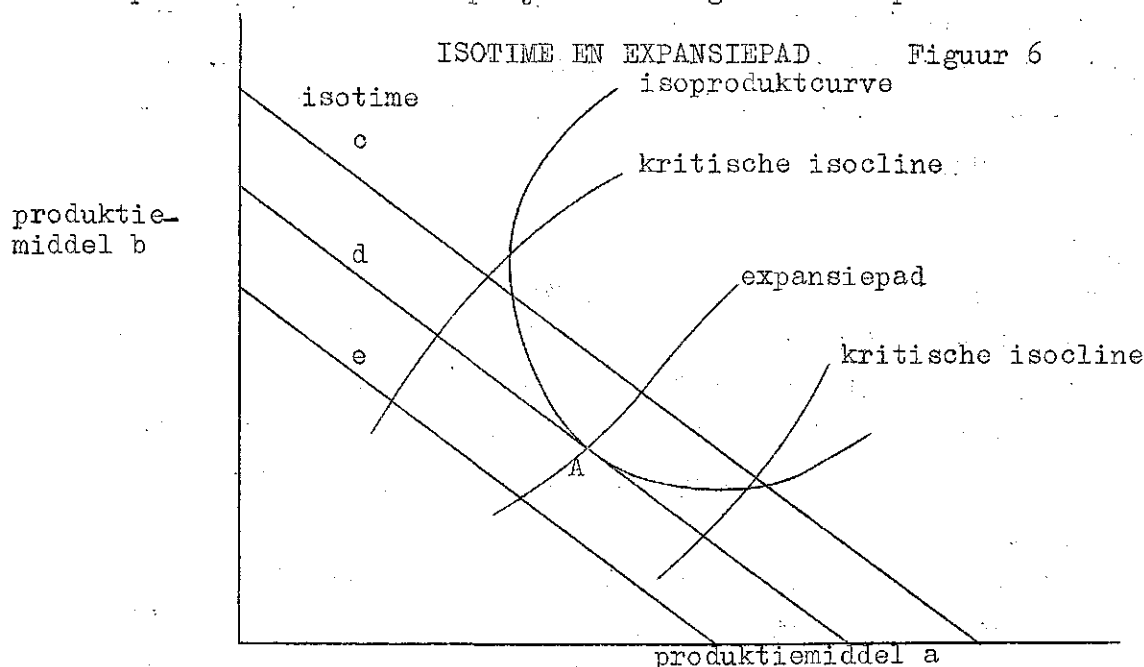
heid van produktiemiddel a; P_b idem van b).

Uit de definitie van de isotime volgt:

$$CE \times P_a + CG \times P_b = BF \times P_a + BH \times P_b = AO \times P_a = DO \times P_b$$

(figuur 5).

Bij gelijke prijsverhouding vormen de isotimen evenwijdige lijnen, waarmee men zich het vlak van het assenstelsel geheel overdekt kan denken. Bij elk bedrag aan opgeofferde waarde hoort dus een bepaalde isotime, waarvan de richting bepaald wordt door de prijsverhoudingen van de produktiemiddelen.



Het punt op de isoproduktcurve van de meest gunstige proportionaliteit van de produktiemiddelen wordt gevonden in het raakpunt van isotime en isoproduktcurve. De bij dit punt behorende hoeveelheden van de beide produktiemiddelen, die op de x- en y-as kunnen worden afgelezen, geven de hoeveelheden van de produktiemiddelen aan, waarbij de gewenste hoeveelheid produkt met de laagste kosten kan worden verkregen. In fig. 6 is dit punt A. Immers bij geringere kosten hoort een isotime e, die de isoproduktcurve van figuur 6 niet snijdt en raakt en waar-

bij de hoeveelheid, die de isoproduktcurve voorstelt, niet geproduceerd kan worden. Isotimen, die de isoproduktcurve snijden, b.v. isotime c, zijn economisch ondoelmatig omdat dezelfde produktie met een kleinere opoffering van waarde kan worden bereikt.

d. Kostenlijn

Het punt van de isoproduktcurve, waar de isotime deze raakt is het kostenpunt. Eerder zagen wij reeds dat isoclinen lijnen zijn, die de punten van de isoproduktcurven verbinden, waar de raaklijn aan de isoproduktcurve in dat punt een zelfde hoek maakt met de x-as. De raakpunten van de isotimen aan de isoproduktcurven vormen ook een isocline, immers bij een bepaalde prijsverhouding lopen de isotimen evenwijdig. Deze isocline is tevens de meetkundige plaats van alle kostenpunten en daarom heet deze isocline de kostenlijn of het expansiepad. Bij verhoging van de produktie dient men ten aanzien van de te gebruiken hoeveelheid produktiemiddelen de kostenlijn te volgen, vandaar de naam expansiepad. Deze lijn zal altijd tussen de kritische isoclinen liggen (zie figuur 6).

Het expansiepad is dus de meetkundige plaats van punten op de isoproduktcurven, welke punten bij een gegeven prijsverhouding de economisch meest gunstige combinaties aangeven van de produktiemiddelen. Wijzigt zich de prijsverhouding, dan verandert de richting van de isotime en dus ook de ligging van het expansiepad. Deze wijziging wordt begrensd door de ligging van de kritische isoclinen. Elke afwijking van het expansiepad vormt een groter verbruik, dat als economisch vermijdbaar is te beschouwen en derhalve als verspilling moet worden aangemerkt.

Het vinden van het economisch optimale punt van bemesting is nu niet moeilijk meer. Zo kan men ergens op het expansiepad onderzoeken hoe, bij de bestaande prijzen van de kunstmeststoffen en het hiermede voortgebrachte produkt, het verschil tussen de gelde-

lijke opbrengst van het produkt en de kosten van de bemesting verandert, indien men stap voor stap op het expansiepad naar boven gaat.

Op de plaats van het expansiepad, waar het genoemde verschil het grootste wordt, d.i. de plaats waar de meerkosten van de kunstmest groter worden dan de meeropbrengsten van het eindprodukt ligt het economisch optimale punt van bemesting.

§ 4. De algebraïsche bepaling van het optimale punt van bemesting

In de vorige paragrafen is besproken, hoe langs meetkundige weg het economisch optimale punt van bemesting wordt bepaald, indien wij te doen hebben met een of twee variabele produktiefactoren.

Heady e.a. gaan te werk langs algebraïsche weg en voor de lezer, die bekend is met differentiaalrekening zal dit hier nader worden uiteengezet.

Met behulp van de verkregen proefveldgegevens worden algebraïsche functies opgesteld, zowel voor produktiefuncties met één variabele produktiefactor als voor produktiefuncties met twee variabelen. De formule van de produktiefunctie met twee variabelen kan als volgt worden weergegeven.

$p = f(N, K) \quad (1)$ p = hoeveelheid eindprodukt

N = toegediende hoeveelheid stikstof (op de x-as)

K = toegediende hoeveelheid kali (op de y-as)

Uit (1) kan de functie $K = f(N, p) \quad (2)$ opgesteld worden, waarmee de isoproductcurve wordt aangegeven. Hierbij krijgt p de waarde van het opbrengstniveau, waarvan de isoproductcurve bepaald zal worden.

Het kostenpunt van een bepaalde isoproductcurve wordt bepaald door een lijn, die zowel de eigenschappen heeft van een raaklijn als van een isotime. Als raaklijn voldoet deze lijn aan de eigenschap:

$$\frac{dK}{dN} = \operatorname{tg} \alpha (3)$$

en als isotime is: $\frac{P_N}{P_K} = \operatorname{tg} (180 - \alpha) = \operatorname{tg} \alpha (4)$

Hieruit volgt dat $\frac{dK}{dN} = \frac{P_N}{P_K} (5)$ P_N = prijs van de stikstof
 P_K = prijs van de kali
 of in woorden:

Het economisch optimale punt van een isoproduktcurve wordt bepaald door het differentiaalquotiënt van de functie van de isoproduktcurve gelijk te stellen aan reciproque waarde van de prijsverhouding der middelen.

Het doel is het bepalen van de hoeveelheid kunstmeststoffen in de juiste combinatie, waarvan het economisch verantwoord is deze toe te dienen. Uitgaande van de produktiefunctie met twee variabele produktiefactoren worden twee partiële differentiaalquotiënten verkregen door te differentiëren naar de beide voedingsstoffen. Deze partiële differentiaalquotiënten worden gelijk gesteld aan de prijsverhouding van de kunstmestvoedingsstof (waar-naar gedifferentieerd is) en het eindprodukt. De aldus verkregen twee vergelijkingen worden gezamenlijk opgelost.

Uitgaande van de functie $p = f(N, K) (1)$

wordt $\frac{\partial p}{\partial N} = \frac{P_N}{P_p} (6)$ (P_p = prijs van het eindprodukt) en $\frac{\partial p}{\partial K} = \frac{P_K}{P_p} (7)$

Uit de vergelijkingen (6) en (7) is N en K te bepalen en dus de hoeveelheden stikstof en kali, die toegediend moeten worden om onder de gegeven produktie-omstandigheden zo voordelig mogelijk te produceren.

§ 5. De meetkundige voorstelling van een opbrengstvlak

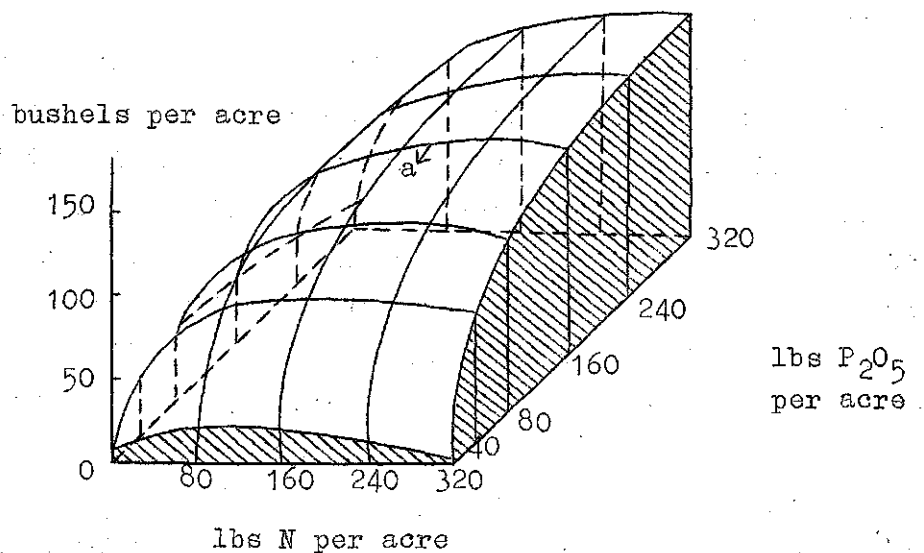
De gegevens van deze paragraaf zijn ontleend aan de publikatie van Heady e.a. In 1952 zijn bemestingsproeven genomen met maïs op

"calcareous Ida silt loam soil". Deze maïs is bemest met verschillende hoeveelheden stikstof en fosfor.

In figuur 7 is het rationele deel van het produktievlak getekend; op de beide horizontale assen zijn de N en P_2O_5 afgezet in "pounds per acre" en op de verticale as de opbrengst in "bushels per acre".

Figuur 7

HET PRODUKTIEVLAK VAN MAIS MET N- EN P_2O_5 -TRAPPEN

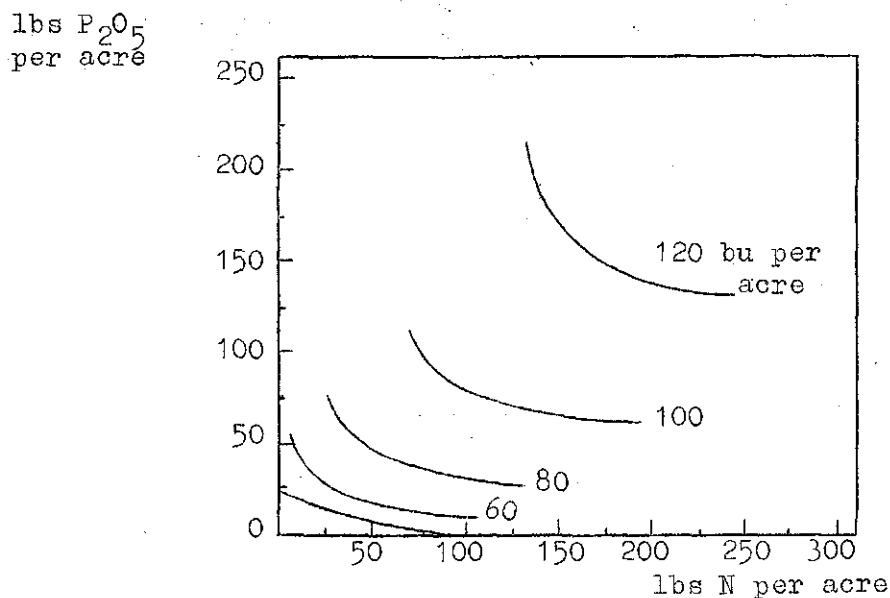


De lijnen die over het gebogen vlak lopen zijn produktiecurven. Dit zijn de snijlijnen van het produktievlak met vlakken die loodrecht op de x- en y-as staan. Zo geeft curve a het verband weer tussen de opbrengst en de stikstofbemesting bij een bemesting van 160 lbs P_2O_5 per acre.

De horizontale doorsneden door het produktievlak vormen de isoproduktcurven; deze isoproduktcurven geven dus alle mogelijke combinaties van N en P_2O_5 , waarmee een zelfde opbrengst wordt verkregen. De isoproduktcurven van dit produktievlak, geprojecteerd op het platte vlak, zijn getekend in figuur 8.

Figuur 8

ISOPRODUKTCURVEN VAN MAIS

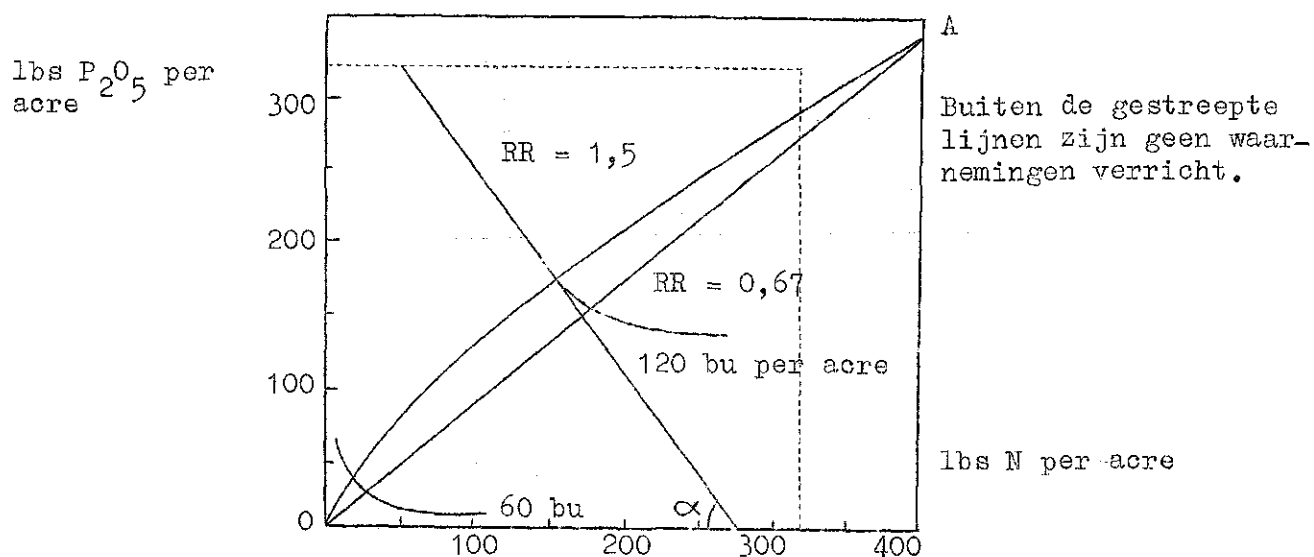


Duidelijk zien wij in figuur 8 geïllustreerd de afnemende meeropbrengst. Een opbrengstvermeerdering van 20 bushels per acre in het traject van de isoproductcurve van 100 bushels per acre naar de isoproductcurve van 120 bu per acre, vereist ongeveer 2 x zoveel N en P₂O₅ als een zelfde opbrengstvermeerdering in het traject van de isoproductcurve van 80 bu per acre naar de isoproductcurve van 100 bu per acre.

In figuur 9 zijn twee isoclinen getekend, die horen bij het produktievlak van figuur 7. De isocline $RR = 1,5 = \tan \alpha$ verbindt de punten van de isoproductcurven waar 1 lbs N 1,5 lbs P₂O₅ kan vervangen. Is in een bepaald jaar de prijs van N 1,5 x de prijs van P₂O₅ dan is deze isocline tevens de kostenlijn. $RR = 0,67$ is de meetkundige plaats van punten waar 1 lbs N 0,67 lbs P₂O₅ kan vervangen. Alle isoclinen komen weer samen in het punt A, dat de maximaal bereikbare opbrengst aangeeft.

Figuur 9

ISOCLINEN VAN MAÏS



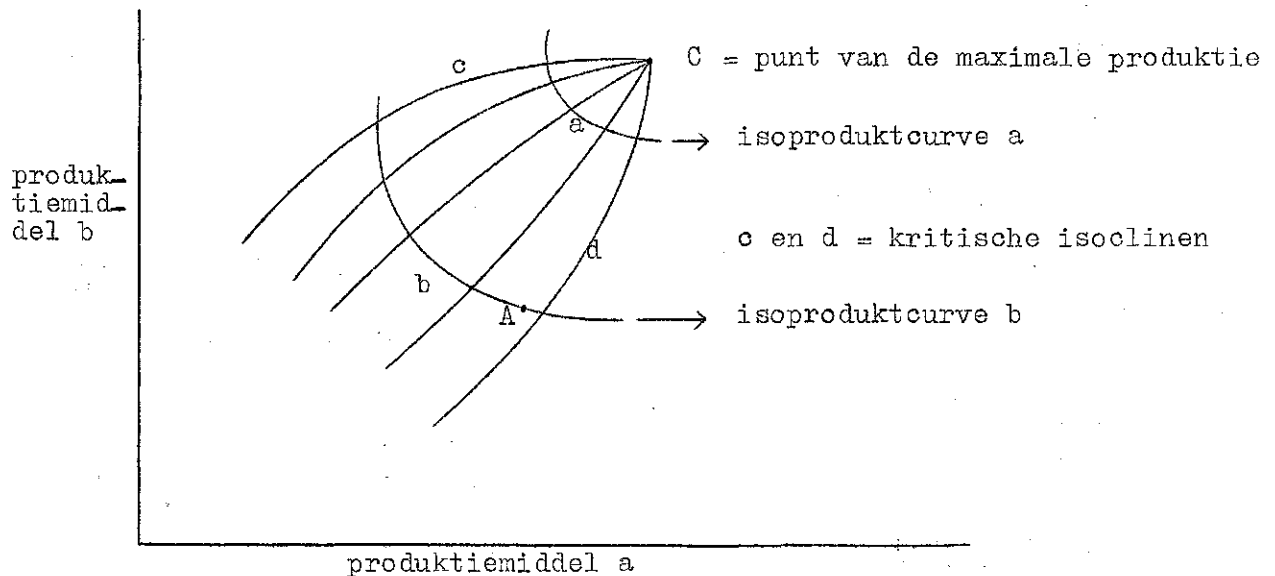
§ 6. Enkele algemene opmerkingen

Indien de landbouwer om welke redenen dan ook onvoldoende kapitaal heeft om dit in het bedrijf te investeren, is het van belang dat het beschikbare kapitaal zodanig over de produktiemiddelen verdeeld wordt, dat het rendement overal ongeveer even hoog is. Dit kan b.v. betekenen dat wij t.a.v. de bemesting niet verder mogen gaan dan tot het punt, waar f. 1,- meerkosten een meeropbrengst geeft van f. 2,-. Ook dan kunnen wij volgens de methoden van § 3 te werk gaan, doch wij moeten nu op dat punt van het expansiepad zitten, waar de meeropbrengst tweemaal zo groot is als de meerkosten.

In de praktijk zal men zich de ligging van de kritische isoclinen wel ongeveer bewust zijn, omdat overschrijding van deze grenzen in feite betekent, dat men de gift van één der kunstmestvoedingsstoffen kan verminderen zonder dat een opbrengstdaling optreedt.

Figuur 10

HET RATIONELE DEEL VAN HET PRODUKTIEVLAK



Uitgaande van het bovenstaande is het gevaar dat men economisch niet de juiste verhoudingen kiest bij isoproductcurve b groter dan bij isoproductcurve a, omdat de kritische isoclinen op het niveau van isoproductcurve b veel verder van elkaar verwijderd zijn (fig. 10). Aangezien het expansiepad in de regel niet recht loopt en ook niet door het nulpunt gaat, is de verhouding van de beide variabele voedingsstoffen in het kostenpunt van isoproductcurve b een andere dan die van het kostenpunt van isoproductcurve a. Ook op deze wijze kunnen wij dus de economische verhouding van de voedingsstoffen voor iedere isoproductcurve niet uniform afleiden.

Wil de boer een hoeveelheid produceren, die overeenkomt met isoproductcurve a, dan zal het niet zoveel uitmaken op welk punt van deze isoproductcurve hij zit, omdat isoproductcurve a betrekkelijk kort is, gezien de ligging van de kritische isoclinen. Isoproductcurve b is veel langer en de kosten van de verbruikte voedingsstoffen in punt A kunnen wel behoorlijke verschillen t.o.v. de kosten van de verbruikte voedingsstoffen in het kostenpunt. Hoe meer het expansiepad ongeveer midden tussen de kritische isoclinen

loopt des te kleiner is de kans dat wij grote fouten maken.

Verschillende factoren kunnen er de oorzaak van zijn, dat men gaat produceren op het niveau van isoproductcurve b, b.v. kapitaalgebrek, gevaar van legeren en kwaliteitsvermindering van het produkt.

Literatuur

Brown, W.G., Heady, Posek and Stritzel:

"Production functions, isoquants, isoclines and economic optima in corn fertilization for experiments with two and three variable nutrients".

Ames. Iowa State College. Agricultural Experiment Station. Research Bulletin 441, 1956.

Heady, E.O., Posek and Brown:

"Crop response surfaces and economic optima in fertilizer use."

Ames. Iowa State College. Agricultural Experiment Station. Research Bulletin 424, 1955.

Liberg, A.H.J.:

"Enkele grondslagen van de theorie van de produktie."

Landbouwkundig Tijdschrift 67 (1955), 5, 6 en 7 (mei t/m juli), 307-314, 371-375 en 467-470.

Mol, J.:

"Isoproductiecurven voor het bepalen van economische optima."

Landbouwkundig Tijdschrift 71 (1959), 2 (jan.) 40-47.

Schroeff, H.J. van der:

"Kwantitatieve verhoudingen en economische proportionaliteit", 1955.

HOOFDSTUK II

DE VERWERKING VAN DE PROEFVELDGEGEVENS

§ 1. A l g e m e e n

Het doel van ons onderzoek is de bepaling van het economisch optimale punt van bemesting bij combinaties van twee of drie kunstmeststoffen. Hiertoe staan ons ter beschikking de gegevens over enkele jaren van twee proefvelden, waarbij de opbrengst is bepaald in afhankelijkheid van resp. twee en drie meetbare variabelen. Het gaat hierbij niet in de eerste plaats om de concrete resultaten, maar wel is geprobeerd enkele algemene tendenties aan te geven.

Bij Project 578 (Pr. 578) zijn de stikstof (N), de fosfor (P_2O_5) en de kali (K_2O) in verschillende hoeveelheden en in verschillende combinaties aan de proefveldjes op slempige zavel toegevoegd. Ieder jaar hebben wij steeds met vier stikstof-, drie fosfaat- en vier kalitrappen te maken. De gegevens van de jaren 1941, 1942, 1943, 1944 en 1946 zijn beschikbaar. De verbouwde gewassen in deze jaren zijn achtereenvolgens: zomertarwe, vóederbieten, wintertarwe, rogge en zomertarwe.

De opbrengstgegevens van Pr. 965 over de jaren 1947, 1948 en 1949 hebben betrekking op de aardappelrassen Voran en Noordeling. Deze zijn verbouwd op jonge ontginningsgrond. Bij een vaste kalibemesting zijn verschillende hoeveelheden stikstof en fosfor gegeven. Tevens is de stikstof in twee vormen toegediend. Van de aardappelen is zowel de knol- als de zetmeelopbrengst bepaald.

Ten aanzien van de prijzen van de kunstmeststoffen en de voortgebrachte produkten is uitgegaan van het voorjaar van 1957. Verder is nog aandacht geschonken aan de invloed van prijswijzigingen van 1948 af op de ligging van het economisch optimale punt.

§ 2. D e p r i j z e n i n 1957

In tabel 1 vinden wij een overzicht van de prijzen van kunstmeststoffen in 1957.

Tabel 1

VERBRUIKERSPRIJZEN PER 100 KG KUNSTMESTSTOF EN PER KG ZUIVERE MESTSTOF FRANCO BOERDERIJ, FEBRUARI-APRIL 1957

Soort kunstmest	Gehalte	Prijs per 100 kg	Prijs per kg zuivere meststof
Kalkammonsalpeter (Kas)	20½% N	f. 19,10	f. 0,93
Kalksalpeter (Ks)	15½% N	f. 18,-	f. 1,16
Zwavelzure ammoniak (Za)	20½% N	f. 19,50	f. 0,95
Superfosfaat (Sup)	18% P ₂ O ₅	f. 13,10	f. 0,73
Kalizout 40% (K-40)	40% K ₂ O	f. 13,50	f. 0,34

Uit deze tabel is af te leiden, wat men voor een bepaald bedrag kan kopen. Dit is uitgewerkt in tabel 2. Als bedrag is gekozen f. 93,- en f. 73,- omdat men voor f. 93,- 100 kg N(kas) kan kopen en voor f. 73,- 100 kg P₂O₅ (sup). Deze hoeveelheden zijn gemakkelijk in de grafiek af te zetten en aldus kan de richting van de isotime worden aangegeven.

Tabel 2

DE HOEVEELHEDEN KUNSTMESTSTOFFEN (IN KG ZUIVER),
DIE MEN VOOR EEN BEPAALD BEDRAG KAN KOPEN IN 1957
(data voor de bepaling van de richting der isotimen)

Men kan kopen voor:	
f. 93,-	f. 73,-
100 kg N (kas)	78 kg N (kas)
128 kg P ₂ O ₅ (sup)	100 kg P ₂ O ₅ (sup)
276 kg K ₂ O (K-40)	216 kg K ₂ O (K-40)
-	63 kg N (ks)
-	77 kg N (za)

De telersprijs af-boerderij van oogst 1957 (september-oktober) bedraagt voor:

100 kg witte tarwe	f. 26,85
1000 kg voederbieten, groep II	f. 20,-
100 kg rogge	f. 18,90
100 kg voeraardappelen	f. 3,10
100 kg consumptie-aardappelen:	zandaardappelen
Noordeling	f. 9,-
Voran	f. 7,-
100 kg zetmeel (1956)	f. 36,-

§ 3. De isoproduktenfiguur

a. Het tekenen van de isoproduktenfiguur

Uit de proefveldgegevens (verkregen na correctie) is bekend, welke opbrengst wij krijgen bij een bepaalde combinatie van stikstof, fosfor en kali. In tabel 3 is de opbrengst vermeld van zomertarwe, geteeld in 1946, bij verschillende combinaties van N en P_2O_5 en bij een K_2O -bemesting van 120 kg per ha. Wij hebben hier dus met twee variabelen te maken.

Tabel 3

DE OPBRENGST VAN DE ZOMERTARWEPROEFVELDJES IN Q/HA BIJ VERSCHILLENDE COMBINATIES VAN N EN P_2O_5 (NPK₃)¹⁾

Pr. 578-1946. 120 kg K_2O /ha

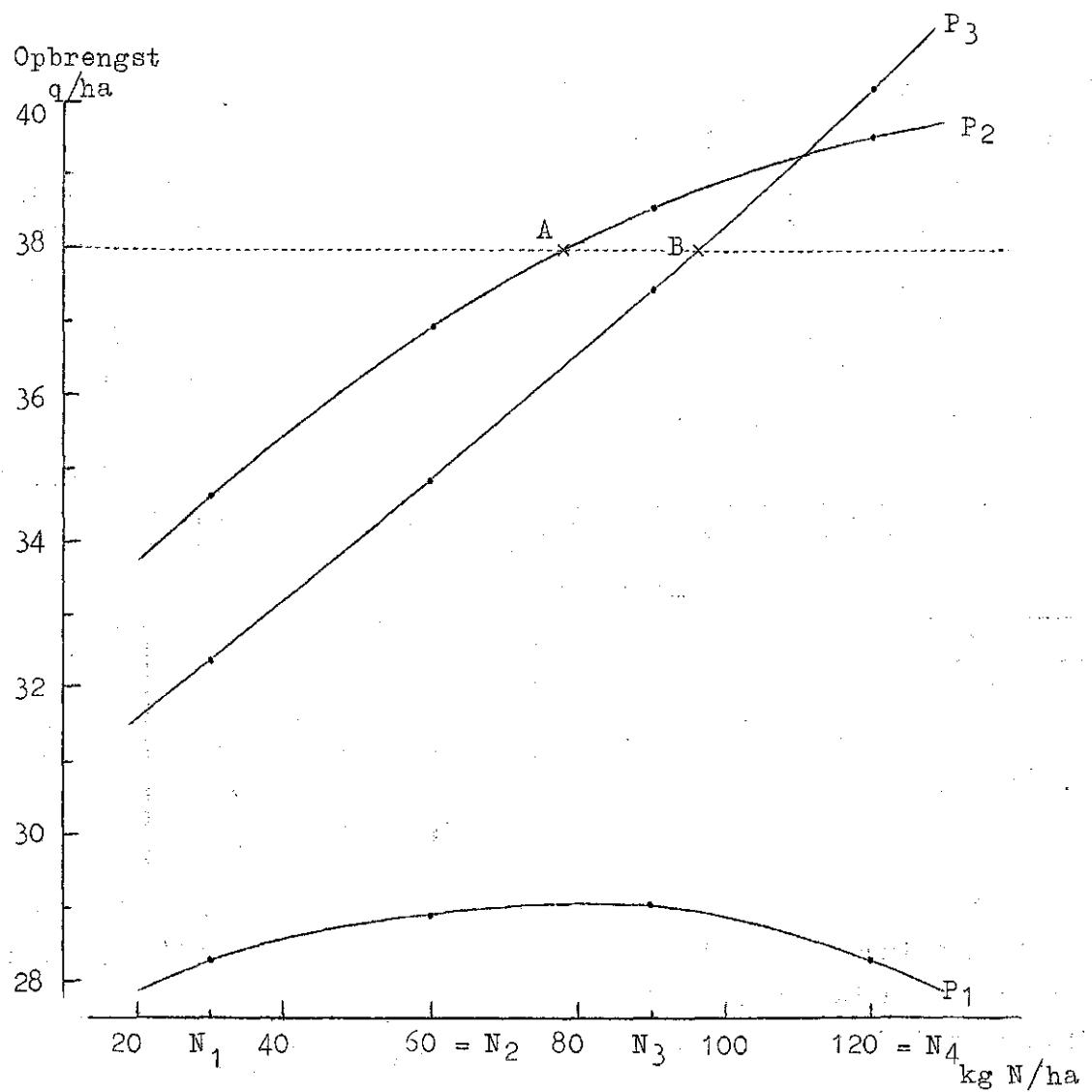
Kg N/ha		30	60	90	120
Kg P_2O_5 /ha		N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
	P ₁	28,3	28,9	29,1	28,3
	P ₂	34,6	36,9	38,6	39,5
	P ₃	32,3	34,8	37,4	40,1

Met behulp van de gegevens van tabel 3 kunnen wij de opbrengst weergeven in afhankelijkheid van N bij de drie fosfaatsniveaus en in afhankelijkheid van P_2O_5 bij de vier stikstofniveaus. Dit is gebeurd in de grafieken 11 en 12.

1) NPK₃ betekent: de stikstof en het fosfaat zijn de variabelen; de kalibemesting is op alle gekozen veldjes gelijk geweest namelijk in dit jaar 120 kg K_2O /ha (d.i. het K₃-niveau in 1946). Zie verder Hoofdstuk III paragraaf 1.

Figuur 11

DE PRODUKTIECURVEN VAN ZOMERTARWE BIJ VERSCHILLENDE
 P_2O_5 -TRAPPEN EN EEN BEMESTING VAN 120 KG K_2O /HA. Pr. 578-1946



Hierbij kan worden opgemerkt, dat het vrij bezwaarlijk is om door drie punten een opbrengstcurve te tekenen. Dit nu is in figuur 12 het geval, omdat er maar drie fosfaattrappen zijn.

Om al deze gegevens in een ruimtelijke figuur te verwerken denken wij ons in, dat op de x-as de N wordt afgezet, op de y-as de P_2O_5 en op de z-as (loodrecht op de x- en y-as) de opbrengst. Vergelijk met figuur 7! Figuur 11 kunnen wij ons nu ontstaan denken door de projectie van de snijlijnen tussen het produktievlak en drie vlakken evenwijdig aan de x- en z-as op het vlak, dat door de x- en z-as kan worden gelegd. Figuur 12 is dan de projectie van de snijlijnen tussen het produktievlak en vier vlakken evenwijdig aan de y- en z-as op het vlak, dat door de y- en z-as gelegd kon worden. Uit deze beide figuren kunnen wij ons reeds enigszins een voorstelling maken van het produktievlak.

Van een bepaald produktieniveau lezen wij in de grafiek de bijbehorende N- en P_2O_5 -giften af. Voor de produktie van 3800 kg/ha zijn dit in figuur 11 de punten A en B en in figuur 12 de punten C, D en E. In tabel 4 zijn bij verschillende produktieniveaus de combinaties van N en P_2O_5 vermeld, waarmee deze produktie kan worden verkregen.

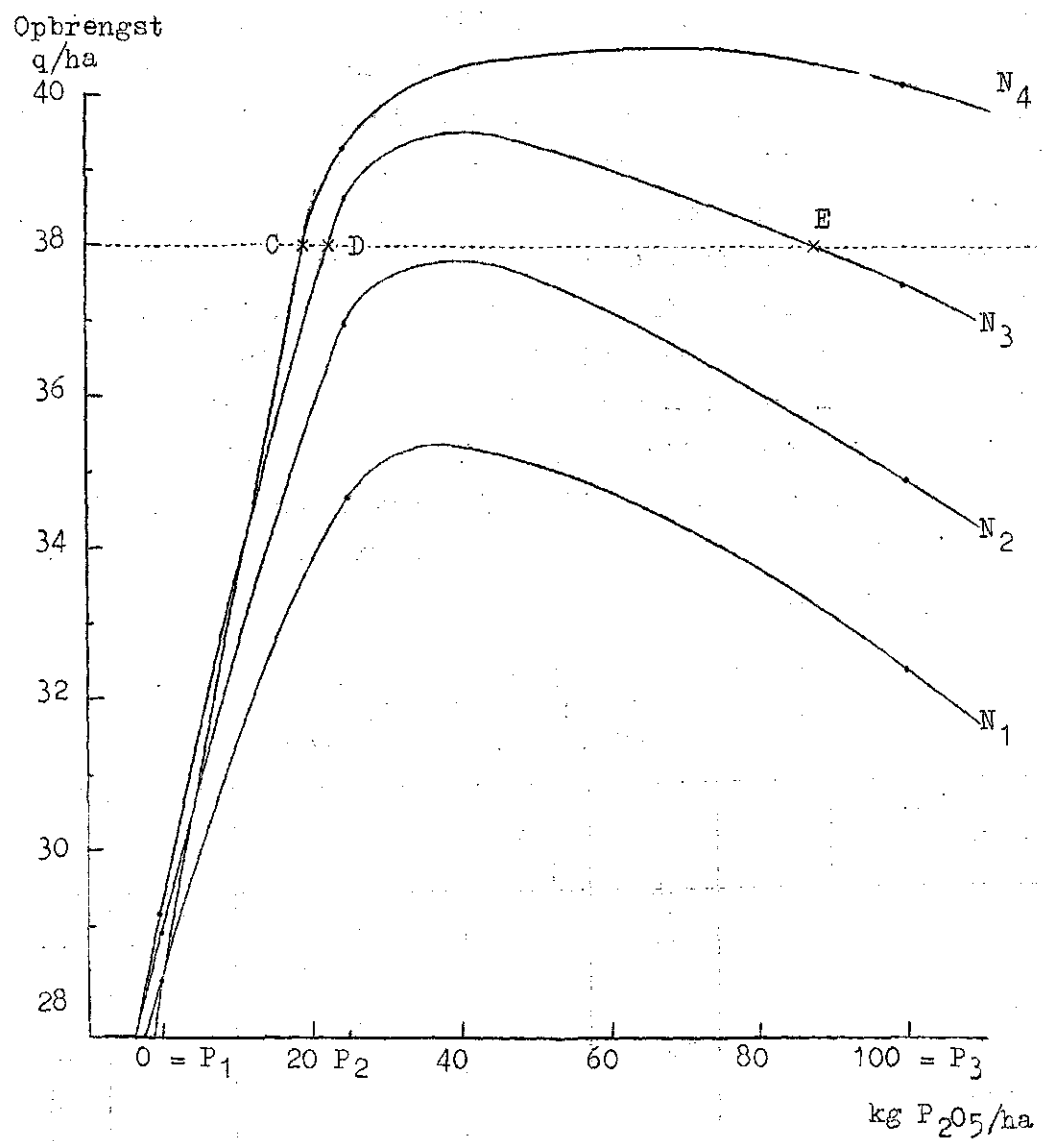
Tabel 4

DE HOEVEELHEDEN VAN N EN P_2O_5 (KG/HA) BIJ VERSCHILLENDE
PRODUKTIENIVEAUS VAN ZOMERTARWE (NPK₃)
Pr. 578-1946-120 kg K_2O /ha

Produktie- niveaus q/ha	P ₁ 0	P ₂ 25	P ₃ 100	N ₁ 30	N ₂ 60	N ₃ 90	N ₄ 120
36		47	73		21,80	17	15
37		60	84		25,63	19,11	17
38		78	96			22,88	19
39		100	106			28,61	22
39½		117	112			< 39	25
40			118				32

Figuur 12

DE PRODUKTIECURVEN VAN ZOMERTARWE BIJ VERSCHILLENDE
N-TRAPPEN EN EEN BEMESTING VAN 120 KG K_2O /HA. Pr. 578-1946



De hoeveelheden N bij P_1 , P_2 en P_3 zijn afgeleid van figuur 11 en het aantal kg P_{205} bij N_1 , N_2 , N_3 en N_4 van figuur 12. De getallen van tabel 4 zijn afgezet in figuur 13 en de verkregen punten, die een zelfde produktie voorstellen, zijn door een lijn met elkaar verbonden. Aldus ontstaat een isoproduktcurve.

In figuur 13 zijn die isoproduktcurven opgenomen, die of een goed beeld geven van de loop van deze curven bij een produktie van 3600 tot 4000 kg/ha of direct van belang zijn bij de bepaling van het economisch optimale punt van bemesting.

b. Het bepalen van het economisch optimale niveau van bemesting

Voor de bepaling van de richting van de isotime maken wij gebruik van de gegevens van tabel 2. De isotime van b.v. f. 93,- kunnen wij trekken door op de N-as 100 eenheden af te zetten en op de P_{205} -as 128 eenheden en deze beide punten door een rechte lijn met elkaar te verbinden. De richting van de isotime is nu bekend. Vervolgens bepalen wij de kostenpunten van de getekende isoproduktcurven en trekken door deze punten een lijn. Deze lijn - het z.g. expansiepad - is in figuur 13 aangegeven.

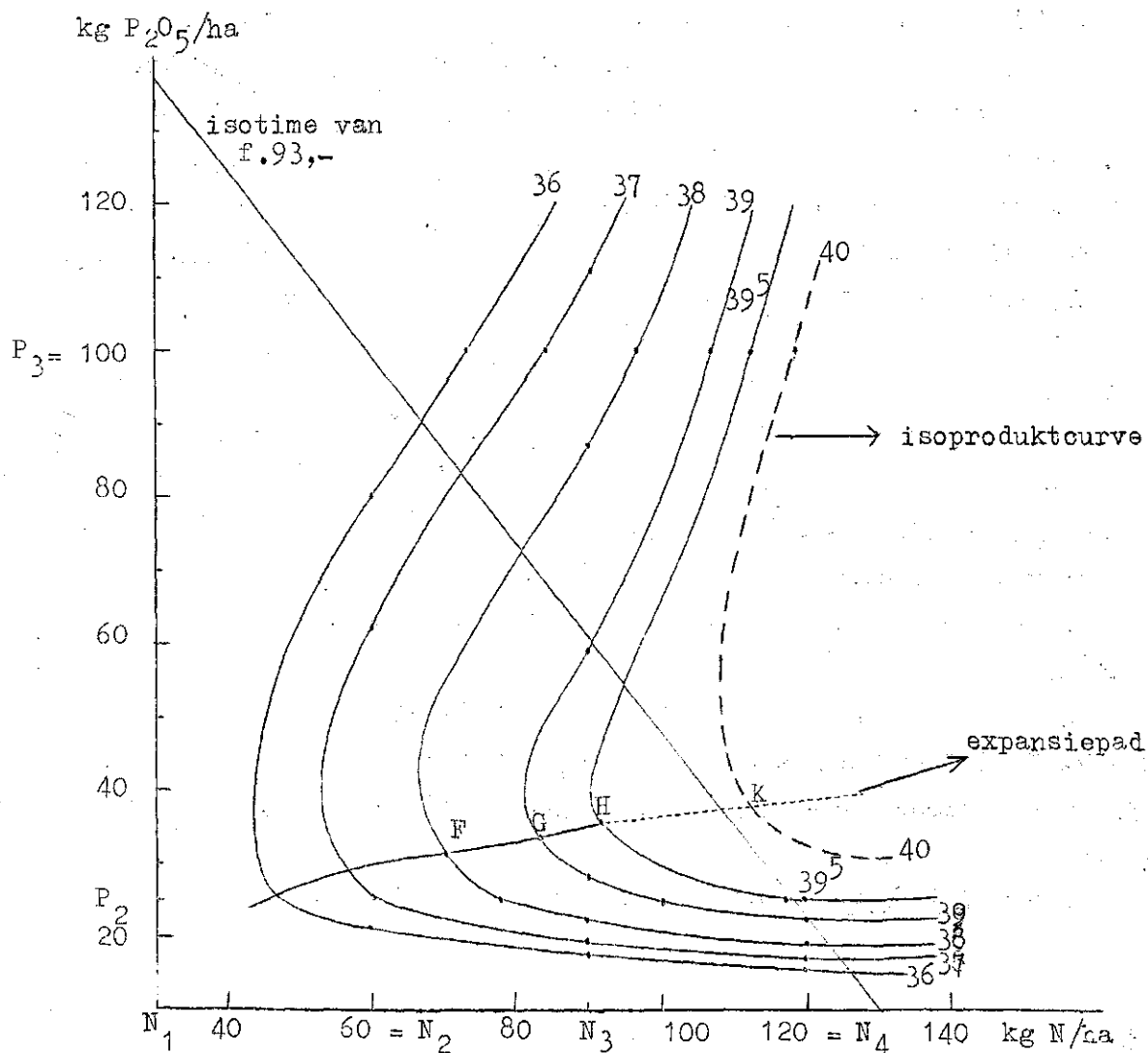
Bij een produktieverhoging van 3800 tot 3900 kg zomertarwe, gaande dus van kostenpunt F naar G, krijgen wij een meeropbrengst van 100 kg of f. 26,85. Om dit te bereiken moeten wij de N-gift verhogen van 70 tot 83 kg. De meerkosten zijn dus $13 \times 0,93 = \text{f. } 12,09$. De P_{205} -gift wordt verhoogd van 31 tot 33 kg of de meerkosten zijn $2 \times \text{f. } 0,73 = \text{f. } 1,46$. De totale meerkosten zijn: f. 13,55; de meeropbrengst is f. 26,85; er is nog een overschot van f. 26,85 - f. 13,55 = f. 13,30. Het economisch optimale punt is dus nog niet bereikt.

Wij gaan nu over het expansiepad van isoproduktcurve 39 naar 39^5 enz. totdat wij een traject vinden, waar de meerkosten groter zijn dan de meeropbrengst. De berekeningen zijn samengevat in tabel 5.

Uit tabel 5 volgt dat het traject van 39 tot 39^5 nog een klein

Figuur 13

DE ISOPRODUKTCURVEN VAN ZOMERTARWE BIJ EEN BEMESTING VAN
120 KG K_2O /HA (NPK_3). Pr. 578-1946



voordeel oplevert van f. 2,86, daarentegen levert het traject 39^5 - 40 een nadeel op van + f. 6,64. Het economisch optimale niveau van produktie ligt dus ongeveer bij 3950 kg. De bemesting bedraagt ongeveer 90 kg N, 35 kg P_2O_5 en 120 kg K_2O .

Tabel 5

HET BEPALEN VAN HET ECONOMISCH OPTIMALE PUNT VAN BEMESTING
BIJ ZOMERTARWE (NPK_3)
Pr. 578-1946

Opbrengst- vershui- ving (kg/ha)	Meerop- brengst in gld/ ha	Bemesting in kg/ha bij de lage en hoge op- brengst	Meerkosten van de bemesting in guldens/ ha	Verschil meerop- brengst en meerkosten
3800-3900 F - G	26,85	N: 70 - 83 P: 31 - 33	$13 \times 0,93 = f. 12,09$ $2 \times 0,73 = " 1,46$ f. 13,55	13,30
3900-3950 G - H	13,42	N: 83 - 92 P: 33 - 36	$9 \times 0,93 = f. 8,37$ $3 \times 0,73 = " 2,19$ f. 10,56	+ 2,86
3950-4000 H - K	13,42	N: 92 - ± 112 P: 36 - ± 38	$20 \times 0,93 = f. 18,60$ $2 \times 0,73 = " 1,46$ f. 20,06	+ - 6,64

Bij figuur 13 valt het op, dat het economisch interessante deel van de isoproductcurven moeilijk te tekenen is. B.v. om de isoproductcurve van 39^5 te tekenen zijn maar drie punten nauw-
keurig bekend, waarvan er twee dicht bij elkaar liggen. Deze pun-
ten liggen bovendien ver van het economisch interessante deel van
deze produktiecurve. Uit figuur 12 is nog af te leiden, dat de N_3 -
trap raakt aan het produktieniveau (= isoproductiecurve) van 39^5 .
Tevens zal deze isoproductcurve ongeveer dezelfde loop hebben als
de curven, die een lagere opbrengst voorstellen. Met behulp van
deze gegevens is het meest belangrijke deel van de isoproductcur-
ve getekend. Het P_1 -niveau is niet van grote betekenis om de voor
ons doel belangrijke isoproductcurven te kunnen tekenen. Een fos-
faatbemesting van ± 50 kg had ons veel meer nuttige inlichtingen
kunnen verschaffen.

Het beschikbaar zijn van een beperkt aantal gegevens heeft mede tot gevolg, dat sterk gekromde stukken van de isoproductiecurve niet altijd nauwkeurig getekend kunnen worden. Hierdoor liggen de kostenpunten niet steeds regelmatig ten opzichte van elkaar. Omdat het wel waarschijnlijk is, dat het expansiepad een regelmatig verloop zal hebben, is deze lijn niet altijd door de kostenpunten getrokken, doch zodanig dat het expansiepad zo goed en zo regelmatig mogelijk de richting volgt, die door de kostenpunten wordt aangegeven.

HOOFDSTUK III

HET GRANEN- EN VOEDERBIETENPROJECT (PR. 578)

§ 1. De p r o e f o m s t a n d i g h e d e n

Het proefveld is aangelegd door dr. F. van der Paauw op slempige zavel (dikte bouwvoor 17 cm) in Groningen. Het eerste proefjaar was 1940.

Er zijn vier verschillende hoeveelheden stikstof gegeven, aangeduid als N_1 , N_2 , N_3 en N_4 .

In het voorjaar van 1940 heeft men drie verschillende fosfaat-toestanden verkregen door een aantal veldjes geen fosfaatbemesting te geven (P_1); een tweede groep veldjes te bemesten met 200 kg P_2O_5 /ha (P_2) en een derde groep te bemesten met 800 kg P_2O_5 /ha (P_3). Bij de fosfaatbemesting in de volgende jaren is er naar gestreefd dit verschil te handhaven. De fosfaatgift werd dus telkens bepaald door de uitslag van het onderzoek van het najaar en de fosfaatbehoefte van het gewas, dat men ging verbouwen. Om deze reden is dan ook in 1941 en 1943 de fosfaatbemesting geheel achterwege gebleven. Het gemiddelde P-citr.getal over de jaren 1940 t/m 1946 van de P_1 -veldjes was 18; van de P_2 -veldjes 22 en van de P_3 -veldjes 36.

Bij de kalibemesting is er eveneens naar gestreefd een bepaald kaliniveau te handhaven. Het gehalte aan kali, uitgedrukt als K-HCl is over de jaren 1940 t/m 1946 van dezelfde veldjes bijna steeds even hoog. De K_1 -, K_2 -, K_3 - en K_4 -veldjes hebben een gemiddeld K-HCl-cijfer van resp. 0,007, 0,008, 0,009 en 0,018%. Het verschil tussen de K_1 -, K_2 - en K_3 -veldjes is dus gering, maar wel steeds duidelijk aanwezig.

Zowel voor de fosfaat- als de kalitoestand is men er in geslaagd met de gegeven bemestingen de verschillende niveaus behoudens onvermijdelijke schommelingen te handhaven. Blijkens de bemestingsadviezen in de Landbouwgids van 1956 wordt een P-citr. van 20-29 als vrij laag gewaardeerd; een K-HCl van 0,013% of minder geldt als zeer laag. Dit betekent dus dat de oorspronkelijke bodemvoorraad aan fosfaat en kali gering is.

De combinaties, die een bepaalde gift N , P_2O_5 en K_2O met elkaar kunnen vormen en de veldjes die deze combinaties hebben ontvangen, zijn aangeduid als $N_1P_1K_1$; $N_2P_1K_1$ enz. In totaal zijn er 103 veldjes. Van iedere combinatie is er één herhaling. Uitzonderingen hierop zijn de veldjes met de combinaties $N_3P_1K_4$ en $N_3P_3K_1$, waarvan drie herhalingen zijn en de $N_2P_1K_1$ -veldjes, waarvan vier herhalingen zijn.

Tabel 6 geeft een overzicht van de bemestingstrappen in de verschillende jaren.

Tabel 6

DE BEMESTINGSNIVEAUS IN KG ZUIVERE KUNSTMEST PER HA (Pr. 578)

Jaar	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946
N_1	50	30	60	40	30	40	30
N_2	50	50	110	70	60	40	60
N_3	50	70	160	100	90	40	90
N_4	50	90	210	130	120	40	120
P_1	0	0	0	0	0	0	0
P_2	200	0	25	0	25	50	25
P_3	800	0	100	0	100	200	100
K_1	0	0	0	0	0	0	0
K_2	50	50	70	40	50	50	50
K_3	120	120	280	140	120	120	120
K_4	600	200	550	450	200	300	300
Gewas	haver	z.tarwe	v.bieten	w.tarwe	rogge	haver	z.tarwe

De N is gegeven in de vorm van kalkammonsalpeter ($20\frac{1}{2}\%$); de P_2O_5 in de vorm van dubbelsuperfosfaat (40%) en de K_2O in de vorm van zwavelzure kali (48%). Met de berekeningen is aansluiting gezocht bij de praktijk d.w.z. bij de P_2O_5 is uitgegaan van de prijs van 1 kg P_2O_5 , zoals deze in superfosfaat voorkomt en bij de K_2O is uitgegaan van kalizout 40% . De kunstmestgiften zijn jaarlijks in één keer gegeven en wel in maart. Hierop is een uitzondering nl. voor de oogst van 1944. Toen zijn namelijk de fosfaat en kali reeds in november 1943 over het land gebracht.

§ 2. D e w e r k w i j z e

a. Het tekenen van de isotime

Om de isotime te kunnen trekken, dienen wij de kosten van de beide kunstmeststoffen, die de isoproduktenfiguur bepalen, te kennen. De maatstaf voor het afzetten van de kunstmeststoffen op de x- en y-as is het aantal kg dat is gestrooid. De voorraad in de bodem blijft hier dus buiten beschouwing. In 1941 en 1943 is er echter geen fosfaatbemesting gegeven. Wel kennen wij de opbrengst bij de drie verschillende fosfaatk niveaus P_1 , P_2 en P_3 en ook deze gegevens willen wij in een isoproduktenfiguur verwerken. Ter bepaling van de kosten van de fosfaatvoorziening van het gewas in deze twee jaren hebben wij een bepaalde fosfaattoestand gelijk gesteld met een bepaalde fosfaatbemesting. Wij weten namelijk dat de fosfaatbemesting over 1941 t/m 1946 steeds is afgestemd op het handhaven van een bepaalde fosfaattoestand. Daarom hebben de P_1 -veldjes geen bemesting ontvangen; dus het fosfaatk niveau P_1 kan gelijk gesteld worden met een bemesting van 0 kg P_2O_5 /ha. De P_2 -veldjes hebben per jaar gemiddeld 30 kg/ha gekregen; op de P_3 -veldjes is aldus per jaar gemiddeld 85 kg/ha gestrooid.

Wij stellen nu - om voor de jaren 1941 en 1943 toch de optimale bemesting te kunnen bepalen - de fosfaattoestand P_1 gelijk aan 0 kg/ha; P_2 aan 30 kg/ha en P_3 aan 85 kg/ha.

b. De keuze van de isoproduktenfiguur

Ieder proefjaar hebben wij met 3 variabelen te maken, te weten N, P en K. Wij kunnen één stikstoftrap als constante nemen, b.v. N_1 en de P en K laten variëren. De isoproduktenfiguur, die wij dan kunnen krijgen noemen wij N_1PK -figuur. Zo is ook te tekenen N_2PK , N_3PK en N_4PK . Nemen wij de P als constante dan krijgen wij de NP_1K -, NP_2K - en NP_3K -figuren. Tenslotte kunnen wij de K als constante nemen, waarbij de volgende isoproduktfiguren mogelijk zijn: NPK_1 , NPK_2 , NPK_3 en NPK_4 . In totaal zijn er dus 11 mogelijk.

Het probleem is nu; hoe kunnen wij zo snel mogelijk en met zo weinig mogelijk figuren ons doel bereiken, t.w. het bepalen van het economisch optimale niveau van produktie of bemesting.

Van iedere proef is bekend welke opbrengst een bepaalde combinatie van N, P en K oplevert. Met behulp van deze gegevens is het mogelijk ongeveer het economisch optimale niveau van bemesting te bepalen. Als voorbeeld gaan wij uit van de combinatie $N_1P_1K_1$ in 1941, zomertarwe met een opbrengst van 3430 kg zomertarwe/ha. Nu onderzoeken wij of het economisch verantwoord is van de combinatie $N_1P_1K_1$ over te gaan op $N_2P_1K_1$ of $N_1P_2K_1$ of $N_1P_1K_2$. In tabel 7 is dit uitgewerkt. Wij zien dat het aldus nog verantwoord is om te gaan tot $N_3P_3K_2$, waarbij een opbrengst verkregen wordt van 42,3 q/ha. Bij de N_4 -veldjes is er maar één, dat een hogere opbrengst geeft, t.w. $N_4P_3K_2$, doch de 20 kg N, die toegevoegd moet worden, kost meer dan de meeropbrengst oplevert, die hiermede verkregen wordt.

Het economisch optimale punt van bemesting t.a.v. de N zal wel niet precies 50, 70 of 90 kg zijn; het effect van de tussenliggende N-giften kunnen wij moeilijk beoordelen aan de hand van de tabel. Hetzelfde geldt voor P_2O_5 en K_2O . Daarom gaan wij nu isoproduktcurvenfiguren tekenen. Hierbij nemen wij de combinatie $N_3P_3K_2$ als uitgangspunt, omdat deze combinatie blijkens tabel 7 in de buurt van het economisch optimale niveau van bemesting zal liggen. Allereerst bestuderen wij de N_3PK -isoproduktenfiguur. Uit deze figuur leiden wij af welk element zich het beste leent om als constante te dienen voor de volgende isoproduktenfiguur.

De opbrengstgegevens, waarvan wij zijn uitgegaan, staan in bijlage I. In hoofdstuk II § 3 is aangegeven, hoe wij met behulp van deze gegevens isoproduktcurven kunnen tekenen.

Tabel 7

HET AFTASTEN VAN DE OPBRENGSTTABEL VAN ZOMERTARWE OM HET ECONOMISCH OPTIMALE NIVEAU VAN BEMESTING TE BENADEREN

Pr. 578 - 1941

Uitgangscombinaties en de hierbij behorende opbrengst (in q/ha)	Nieuw te kiezen combinatie en de hierbij behorende opbrengst (q/ha)	Meeropbrengst in q/ha en in guldens	Extra bemesting en de hierdoor veroorzaakte meerkosten	Verschil meeropbrengst en meerkosten
$N_1 P_1 K_1$	34,3	$N_1 P_1 K_2$ 34,6 $N_1 P_2 K_1$ 36,2 $N_2 P_1 K_1$ 35,1	50 kg K_2 17,- 30 kg $P_2 O_5$ 21,90 20 kg N 18,60	- 8,95 + 29,11 + 2,88
$N_1 P_2 K_1$	36,2	$N_1 P_2 K_2$ 36,5 $N_1 P_3 K_1$ 38,7 $N_2 P_2 K_1$ 37,6	50 kg K_2 17,- 55 kg $P_2 O_5$ 40,15 20 kg N 18,60	- 8,95 + 26,97 + 18,99
¹⁾ $N_1 P_3 K_1$	38,7	$N_1 P_3 K_2$ 39,8 $N_2 P_3 K_1$ 40,1	50 kg K_2 17,- 20 kg N 18,60	+ 12,53 + 18,99
$N_2 P_3 K_1$	40,1	$N_2 P_3 K_2$ 41,5 $N_3 P_3 K_1$ 41,0	50 kg K_2 17,- 20 kg N 18,60	+ 20,59 + 5,56
$N_2 P_3 K_2$	41,5	$N_2 P_3 K_3$ 40,2 $N_3 P_3 K_2$ 42,3	70 kg K_2 23,80 20 kg N 18,60	- 58,70 + 2,88
$N_3 P_3 K_2$	42,3	$N_3 P_3 K_3$ 41,5 $N_4 P_3 K_2$ 42,65	70 kg K_2 23,80 20 kg N 18,60	- 45,28 - 9,20

1) Een hogere fosfortrap dan P_3 is bij deze proef niet aanwezig.

§ 3. De bepaling van het economisch optimale niveau van bemesting

a. 1941 - zomertarwe

De opbrengsttabel geeft als de meest economische combinatie $N_3P_3K_2$. Hierbij is de opbrengst 4230 kg en de bemesting 70 kg N en 50 kg K_2O bij een fosfaattoestand P_3 . Het saldo: opbrengst min bemestingskosten is \pm f. 990,-

Isoproduktfiguren. N_3PK (bijlage 1). Van deze figuur merken wij op:

1. de isoproduktenfiguur en de isotime zijn niet nauwkeurig te tekenen omdat de fosfaatbemesting geschat moet worden;
2. het economisch interessante deel van het expansiepad is niet scherp aan te geven;
3. het economisch optimale punt van bemesting is niet bereikt;
4. van het economisch interessante deel van het expansiepad kan het rechterstuk niet getekend worden omdat er geen velden zijn met een hogere fosfaattoestand dan P_3 ($= 85 \text{ kg } P_2O_5$);
5. het eind van het expansiepad geeft een opbrengst aan van 4200 kg met een bemesting van 70 kg N (N_3) en $\pm 30 \text{ kg } K_2O$ bij een fosfaattoestand P_3 . Het saldo is nu \pm f. 990,-;
6. in het economisch interessante deel van de figuur is de invloed van fosfaat op de opbrengst groter dan van kali;
7. het optimale K-niveau wordt het dichtst benaderd door K_2 .

Uit punt 6 en 7 volgt dat wij nu de NPK_2 -figuur dienen te bestuderen.

NPK_2 (bijlage 2) Van deze figuur merken wij op:

1. en 2 zie boven;
3. het economisch optimale punt is nog niet bereikt;
4. zie boven punt 4;
5. in het economisch interessante deel van de figuur is de invloed van fosfaat op de opbrengst veel groter dan van stikstof;
6. het eind van het expansiepad geeft een opbrengst aan van 4200 kg bij een bemesting van 50 kg N, 50 kg K_2O ($=K_2$) en $\pm 95 \text{ kg } P_2O_5$. Het saldo is f. 995,-

Uit de tekeningen volgt dat het economisch optimale niveau van bemesting wel wordt benaderd, doch nog niet is bereikt. Dit komt, doordat er te weinig fosfaat ter beschikking stond van het gewas. Het P-citr. getal van de P_3 -veldjes was 35 en er is voor dit gewas geen fosfaatbemesting gegeven.

Op het expansiepad van de NP_3K -figuur (deze figuur is niet opgenomen) is wel een economisch optimaal deeltraject van bemesting te bepalen. Hier is namelijk de factor, die in het minimum is, als constante genomen. Met een fosfaattoestand P_3 ligt het economisch optimale niveau van produktie bij 4200 kg met een bemesting van 60 kg N en 40 kg K_2O . Het saldo is f. 995,-.

In de bijlage zijn opgenomen:
de opbrengsttabel (bijlage I);
de berekeningen overeenkomstig tabel 5 (bijlage II);
en de figuren (bijlage 1 t/m 10).

b. 1942 - voederbieten

Bij het aftasten van de opbrengsttabel blijven wij steken bij de kunstmestcombinatie van $N_1P_3K_1$. Hierbij is de opbrengst 62.500 kg voederbieten en de bemesting: 60 kg N, 100 kg P_2O_5 en 0 kg K_2O (!). Het saldo: opbrengst - bemestingskosten = f. 1120,-.

Isoproduktfiguren.

N_1PK (bijlage 3). Van deze figuur merken wij op:

1. het produktievlak geeft het bestaan van 2 toppen aan, waarvan de hoogte met de beschikbare gegevens niet aangegeven kan worden;
2. de onderste top, die beneden de K_1 -trap ligt en dus buiten de figuur valt, geeft een bietenproduktie aan, die groter is dan 64.000 kg. Een expansiepad naar deze top kan niet worden getekend;
3. uit de N_1PK -figuur is af te leiden dat wij een opbrengst van 64.000 kg kunnen krijgen met 60 kg N, \pm 60 kg P_2O_5 en 0 kg K_2O . Het saldo opbrengst-bemestingskosten is f. 1180,-. Uiteraard is dit niet de economisch optimale bemesting om 64.000 kg te produceren. Dit punt dienen wij aan de andere kant van de top te zoeken;
4. bij de tweede top, die boven het K_4 -niveau ligt en dus buiten de figuur valt, hoort een produktie groter dan 68.000 kg;
5. van het produktieniveau 60.000 tot 68.000 kg, behorende bij de tweede top, kan een expansiepad worden getekend;
6. de isoproduktcurven en dientengevolge ook het expansiepad zijn niet nauwkeurig aan te geven;
7. het eind van het expansiepad van de tweede top geeft een opbrengst aan van 68.000 kg met een bemesting van 60 kg N; 60 kg P_2O_5 en 530 kg K_2O . Het saldo is f. 1080,-;
8. voorzover wij het produktievlak kunnen overzien is het economisch niet verantwoord 68.000 kg voederbieten te produceren met o.a. 530 kg K_2O en een saldo van f. 1080,- t.o.v. een produktie van 64.000 kg zonder kalibemesting en een saldo van f. 1180,-;
9. in het beschouwde traject van 60.000 tot 68.000 kg van de tweede top komt de opbrengststijging bijna geheel op rekening van de kali;

10, in de volgende te tekenen isoproduktenfiguur dient bij voorkeur de fosfaat als constante te worden genomen. Dit kan alléén met P_2 (= 25 kg P_2O_5 /ha) of P_3 (= 100 kg P_2O_5 /ha). Zowel met P_2 als met P_3 zitten wij naast de meest economische bemesting, zijnde 50 tot 70 kg/ha. Uit de N_1PK -figuur volgt dat het P_3 -niveau hier nog het beste bij aansluit. Aldus hebben wij gekozen:

$N P_3 K$ (bijlage 4). Hierbij merken wij op:

1. de figuur duidt eveneens 2 produktietoppen aan;
2. de onderste top geeft een produktie aan van meer dan 65.000 kg zonder kalibemesting. De meest economische produktie hier, uitgaande van de figuur, die wij kunnen tekenen, is 65.000 kg met een bemesting van 40 kg N, 100 kg P_2O_5 en 0 kg K_2O . Het saldo opbrengst-bemestingskosten is f. 1190,-;
3. het economisch interessante gedeelte van de isoproduktiecurven rond de andere top vertoont een flauwe kromming, zodat het kostenpunt niet nauwkeurig is aan te geven;
4. het eind van het expansiepad geeft een opbrengst aan van 72.500 kg, verkregen met een bemesting van 110 kg N, 100 kg P_2O_5 (P_3) en 590 kg K_2O . Het saldo is f. 1075,-;
5. bij vergelijking van de beide saldi is het niet verantwoord te streven naar een produktie van 72.500 kg;
6. in het beschouwde traject van 62.500 tot 72.500 kg (bij de 2e top) staat het expansiepad praktisch loodrecht op de N-as, hetgeen betekent, dat over dit traject alleen met K_2O een opbrengstverhoging kan worden verkregen.

Het is duidelijk, dat aan de hand van de hier weergegeven figuren geen economisch optimaal niveau van bemesting is aan te geven.

c. 1943 - Wintertarwe

De opbrengsttabel geeft als de meest economische combinatie $N_4P_2K_3$. Hierbij is de opbrengst 4800 kg wintertarwe en de bemesting 130 kg N en 140 kg K_2O bij een fosfaattoestand van P_2 .

Het saldo: opbrengst - bemestingskosten = f. 1100,-.

Isoproduktfiguren.

N.B. Wij gaan uit van de isotime van 1957 en van het expansiepad van 1957.

N_4PK (bijlage 5). Van deze figuur merken wij op:

1. de isoprodukten-figuur en de isotime zijn niet nauwkeurig te tekenen, omdat de fosfaatbemesting geschat moet worden;
2. het economisch interessante deel van de isoproduktcurven is niet duidelijk aan te geven;
3. het economisch optimale punt van bemesting is nog niet bereikt;
4. het eind van het expansiepad geeft een opbrengst aan van 4900 kg tarwe bij een bemesting van 130 kg N (N_4); 140 kg K_2O en 40 kg P_2O_5 . Het saldo is f. 1120,-;
5. bij een produktie van 4500 tot 4900 kg per ha wordt de opbrengst geheel bepaald door de K-gift. Dit pleit ervoor in de volgende figuur de fosfaattoestand als constante op te nemen. Dat kan alleen met P_2 (= 30 kg P_2O_5 /ha) of met P_3 (= 85 kg P_2O_5 /ha). Echter, in de figuur is duidelijk te zien, dat zowel P_2 als P_3 de opbrengst drukken t.o.v. een fosfaatbemesting, die hier tussenin ligt. De enige mogelijkheid, die overblijft, is een bepaald K-niveau als constante te nemen. Zowel met K_2 als met K_4 kunnen wij een opbrengst van 4800 kg en hoger niet bereiken, zodat wij K_3 dienen te nemen. (Dit is uit bijlage 5 niet af te leiden.)

NPK_3 (bijlage 6). Van deze figuur merken wij op:

1. zie boven punt 1;
2. zie boven punt 2;
3. het economisch optimale niveau van produktie ligt ongeveer bij 4900 kg/ha met een bemesting van 120 kg N; 140 kg K_2O (K_3) en \pm 40 kg P_2O_5 . Het saldo is f. 1125,-.

d. 1944 - rogge

Bij het aftasten van de opbrengsttabel komen wij niet verder dan $N_1P_2K_1$ en $N_1P_3K_1$. Bij de $N_1P_2K_1$ -combinatie is de opbrengst 3830 kg en de bemesting 30 kg N, 25 kg P_2O_5 en 0 kg K_2O , Het saldo: opbrengst - bemestingskosten = \pm f.680,-. Met de $N_1P_3K_1$ -combinatie is de opbrengst 4120 kg en de bemesting 30 kg N, 100 kg P_2O_5 en 0 kg K_2O . Het saldo is eveneens \pm f. 680,-

Isoproduktfiguren:

N_1PK (bijlage 7). Voor zover wij met behulp van de beschikbare gegevens een overzicht kunnen krijgen van de loop van de isoproduktcurven kunnen wij opmerken:

1. het expansiepad is niet te bepalen;
2. bij K_1 ligt ongeveer de kritische isocline;
3. dit houdt in dat de getekende isoproduktcurven in het technisch irrationele deel van het produktievlak liggen en tevens dat
4. de bodem te rijk is aan kali om een expansiepad te bepalen;
5. de invloed van P_2O_5 op de opbrengst is groter dan van de K_2O .

Daarom nemen wij nu de

NPK_1 isoproduktfiguur (bijlage 8).

1. het expansiepad is niet te bepalen;
2. één kritische isocline ligt bij een bemesting van \pm 20 kg N, dit houdt in
3. dat de getekende isoproduktcurven in het technische irrationele deel van het produktievlak liggen en dat
4. de bodem te rijk is aan stikstof om een expansiepad te bepalen.

Het blijkt dat de NP_2K - en NP_3K -figuur twee toppen vertonen. Dit zal één van de oorzaken zijn dat het economisch optimale niveau van bemesting bij deze roggeproef niet is te bepalen.

e. 1946 - zomertarwe

De opbrengsttabel geeft als de meest economische combinatie $N_3P_2K_2$. Hierbij is de opbrengst 3820 kg en de bemesting 90 kg N, 25 kg P_2O_5 en 50 kg K_2O . Het saldo : opbrengst - bemestingskosten = \pm f. 905,-.

Isoproduktfiguren.

N.B. Wij gaan uit van de isotime van 1957 en van het expansiepad van 1957.

N_3PK (bijlage 9). Van deze figuur merken wij op:

1. uitgaande van een stikstofniveau van 90 kg N (N_3) is maximaal een opbrengst te bereiken van ± 3900 kg/ha;
2. het economisch optimale punt van bemesting ligt bij 90 kg N, 25 kg P_2O_5 en 60 kg K_2O met een opbrengst van 3850 kg. Het saldo is \pm f. 910,-;
3. in de buurt van het economisch optimale punt hebben zowel de fosfor als de kali een geringe invloed op de opbrengst;
4. P_2 en meer nog P_3 drukken de opbrengst;
5. geven wij meer dan 80 kg K_2O /ha dan constateren wij dat de K_2O praktisch geen invloed meer uitoefent op de opbrengst. Daarom nemen wij nu de NPK_3 -figuur (bijlage 10). Hierbij is op de merken:
 1. het economisch optimale niveau van bemesting ligt ongeveer bij 90 kg N, 35 kg P_2O_5 en 120 kg K_2O met een opbrengst van 3950 kg. Het saldo is \pm f. 910,-.

Uit het bovenstaande volgt dat het economisch optimale niveau van bemesting ligt bij 90 kg N, ± 25 kg P_2O_5 en 60 kg K_2O met een opbrengst van ± 3850 kg/ha. Saldo \pm f. 910,-

Het is treffend, dat bij een produktie van meer dan 3950 kg/ha de opbrengst per eenheid toegevoegde kunstmest sterk afneemt.

§ 4. D e b e s p r e k i n g v a n d e u i t k o m s t e n

De bepaling van het economisch optimale niveau van bemesting heeft het volgende resultaat opgeleverd:

1. in 1941 bij zomertarwe is de fosfaat in het minimum zodat het economisch optimale niveau waarschijnlijk nog juist niet is bereikt;
2. de voederbietenproef in 1942 en de roggeproef in 1944 geven een onregelmatig verlopend produktievlak te zien, in beide jaren vertoont de NP_3K -isoproduktenfiguur twee opbrengstmaxima. Het ene maximum wordt dan bereikt bij een lage stikstof- en kalibemesting;
3. alleen in de jaren 1943 (wintertarwe) en 1946 (zomertarwe) is een optimaal niveau van bemesting te bepalen.

a. Het economisch optimale punt of niveau van bemesting.

Het economisch optimale punt van bemesting (van produktie) is vaak niet nauwkeurig te bepalen. De oorzaken hiervan zijn:

1. bij het tekenen van de produktiefunctie in afhankelijkheid van één variabele hebben wij de beschikking over drie of vier gegevens. De curve, die door deze drie of vier gegevens bepaald wordt, is daardoor niet precies te tekenen (vergelijk fig. 10 en 11);
2. van het economisch interessante deel van het produktievlak is soms weinig bekend (zie fig. 12, enz.). Zoals reeds in hoofdstuk II, § 3b is aangegeven is hierdoor het expansiepad slechts bij benadering aan te geven;
3. ter bepaling van het economisch optimale punt werken wij met opbrengstintervallen van minimaal 50 kg. Gezien punt 1 en 2 heeft het geen zin deze intervallen kleiner te nemen;
4. bij de hier gevolgde werkwijze kunnen wij telkens maar twee kunstmeststoffen tegelijk in ogenschouw nemen; de derde moet dan op een gegeven niveau gefixeerd worden; hiervoor is langs grafische weg nog wel een oplossing, doch hier meestal niet bruikbaar;
5. deze proefuitkomsten steunen op een bepaald jaar; het is waarschijnlijk dat wij het volgende jaar, onder invloed van andere weersomstandigheden, een economisch optimaal punt vinden, dat in de buurt van het vorige ligt.

Gelet op bovengenoemde vijf punten is het beter te spreken over het economisch optimale niveau van bemesting of produktie. Dit sluit ook goed aan bij de bemestingsgewoonten in de praktijk.

b. Een vergelijking van de uitkomsten van de isoproduktenfiguur met het resultaat van het aftasten der opbrengsttabel.

Bij het aftasten van de opbrengsttabel gaan wij bij elke sprong de invloed van één element op de opbrengst na (§ 2 van dit hoofdstuk); in de isoproduktenfiguur kunnen wij telkens twee elementen tegelijk in onze beschouwing betrekken. Het is interessant een vergelijking te trekken tussen de resultaten, verkregen bij het aftasten van de opbrengsttabel en de resultaten verkregen met behulp van de isoproduktenfiguur. In tabel 8 is deze vergelijking opgesteld.

Tabel 8

HET SALDO (OPBRENGST - BEMESTINGSKOSTEN) AFGELEID VAN DE OPBRENGSTTABEL
EN VAN DE ISOPRODUKTFIGUREN x)

Jaar en gewas	Econ. optim. kunstmest- combinatie	Opbrengst kg/ha	Bemesting (kg/ha)			Saldo = opbrengst - bemestingskosten in gld./ha
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1941 (1)	N ₃ P ₃ K ₂	4.230	70	85	50	f. 990,-
zomertarwe (2)	-	4.200	60	85	40	f. 995,-
1942 (1)	N ₁ P ₃ K ₁	62.500	60	100	0	f. 1120,-
voederbieten (2)	-	65.000	40	100	0	f. 1190,-
1943 (1)	N ₄ P ₂ K ₃	4.800	130	30	140	f. 1100,-
wintertarwe (2)	-	4.900	120	40	140	f. 1125,-
1944 (1)	N ₁ P ₂ K ₁	3.830	30	25	0	f. 680,-
rogge (2)	-	4.000	30	50	0	f. 690,-
1946 (1)	N ₃ P ₂ K ₂	3.820	90	25	50	f. 905,-
zomertarwe (2)	-	3.850	90	25	60	f. 910,-

(1) Afgeleid van de opbrengsttabel (bijlage I).

(2) Afgeleid van de isoproductfiguren (bijlagen 1 t/m 10).

(x) In de tekst is vermeld, op welke manier deze cijfers zijn verkregen.

In 1941 (zomertarwe) is het economisch optimale niveau van bemesting niet bereikt, omdat er te weinig fosfaat is. Daarom is onder (2) aangegeven de economisch optimale combinatie van N en K_2O bij de hoogste fosfaattoestand P_3 . Voor 1942 (voederbieten) is het hoogste saldo met de daarbij behorende bemesting gekozen, die de beide besproken figuren te zien geven. In 1944 (rogge) blijkt uit de N_1PK - en NPK_1 -figuren, dat wij in het technisch irrationele deel van het produktievlak zitten; een expansiepad is niet te bepalen. Daarom is in tabel 8 vermeld het meest gunstige niveau van bemesting van het produktievlak, dat wij kunnen overzien.

Wij zien dus dat - uitgaande van de beschikbare gegevens - bij het aftasten van de opbrengsttabel het economisch optimale niveau van bemesting voor de praktijk voldoende nauwkeurig vastgesteld kan worden.

De grootste afwijking in dezen vertonen nog de jaren 1942 en 1943. In 1942 (voederbieten) hebben wij met een onregelmatig verloopend produktievlak te doen. De oorzaak van de, zeker niet grote afwijking in 1943 (wintertarwe) ligt hierin, dat zowel te veel als te weinig P_2O_5 de opbrengst drukt. Dit kan dan weer gedeeltelijk gecompenseerd worden door een hogere stikstof- en kaligift. Met andere woorden, willen wij bij het aftasten van de tabel niet te grote afwijkingen krijgen, dan mogen de bemestingstrappen (speciaal de P_2O_5 -trappen) niet te ver uit elkaar liggen.

In het geval dat de bemestingstrappen ver uit elkaar liggen wordt het trouwens ook moeilijker om de isoproductcurven nauwkeurig te tekenen.

Zijn er bijzondere omstandigheden, dan komen deze in de isoproductfiguur duidelijker naar voren dan in de opbrengsttabel. En van de vijf proeven zijn er twee die afwijkingen vertonen, nl. de voederbieten- en de roggeproef.

In welke richting wij in de NPK_1 - en de N_1PK -figuur van rogge (bijlage 7 en 8) de maximale produktie moeten zoeken, blijkt alleen maar duidelijk uit de isoproductfiguren. In bijlage 7 ligt dit maximum waarschijnlijk rechts onder en in bijlage 8 links boven in de grafiek.

c. Wensen ten aanzien van de proefopzet

In feite hebben wij van ieder gewas in een bepaald jaar één waarneming onder de groeiomstandigheden, zoals die voor dat jaar golden. Dit geldt niet voor zomertarwe; deze is zowel in 1941 als in 1946 verbouwd doch in 1941 krijgen wij geen bevredigend resultaat. Aan de hand hiervan is dan ook geen bemestingsadvies op te stellen. Wel komt uit deze waarnemingen naar voren, waar het expansiepad ongeveer loopt en op welk bemestingsniveau wij een economisch optimale productie kunnen verwachten. Hieruit kan het bemestingsschema voor de volgende proef worden afgeleid. Met des te meer nauwkeurigheid kunnen wij dan het expansiepad tekenen.

Bij een beschouwing van de, voor ons doel belangrijke produktievlakken kunnen de volgende aantekeningen worden gemaakt voor de stikstof, fosfor en kali.

Stikstof

In 1943 en 1946 is de N_1 -trap (resp. 40 en 30 kg N/ha) voor de bepaling van het economisch interessante deel van weinig betekenis. De vruchtbaarheid van de grond zal in dezen ook een rol spelen.

Fosfor

In 1943 (wintertarwe) is de P_1 -trap (0 kg) van weinig betekenis, een fosfaattrap tussen P_2 en P_3 is noodzakelijk. In 1946 (zomertarwe) ligt de optimale fosforgift weer lager en wel ongeveer bij 30 kg P_2O_5 /ha. P_3 (100 kg/ha) heeft hier weinig betekenis. De fosfaatgiften mogen niet te ver van elkaar liggen omdat te weinig en te veel fosfaat een duidelijk negatieve invloed op de opbrengst heeft. Om een curve in een grafiek goed te kunnen tekenen zijn 4 punten zeker gewenst. Hieruit volgt dat wij 4 verschillende fosfaatsniveaus dienen te hebben. Uit het voorgaande kan geconcludeerd worden dat voor de granen jaarlijks ongeveer 20, 40, 60 en 80 kg P_2O_5 /ha dient te worden gegeven om de proefveldgegevens goed te kunnen verwerken.

Kali

Om de isoproduktcurven nauwkeurig te tekenen is het wel gewenst dat één bemestingstrap net iets in het technisch irrationele

deel van het produktievlak ligt. Het heeft geen zin dat twee trappen boven een bepaalde kritische isocline liggen en dus beide aan dezelfde kant van deze isocline in het technisch irrationele deel van het produktievlak. Vooral niet, wanneer deze meststof in het technisch irrationele deel weinig invloed heeft op de opbrengst. Dit laatste is nu vaak bij kali het geval.

In 1941 (zomertarwe) liggen zowel K_3 (120 kg K_2O /ha) als K_4 (200 kg K_2O /ha) boven de kritische isocline.

K_4 (450 kg K_2O /ha) in 1943 (wintertarwe) kan vervallen. Hetzelfde geldt voor K_1 (0 kg K_2O /ha), ook omdat op de K_2 -veldjes 40 kg K_2O /ha is gegeven. Afgaande op dit ene jaar kan men concluderen dat voor de vier kaliniveaus een bemesting van 40, 100, 160 en 220 kg K_2O /ha is gewenst.

In 1946 (zomertarwe) ligt het weer anders; K_4 (300 kg K_2O /ha) heeft geen betekenis en K_1 (0 kg/ha) is ook niet zo belangrijk. Hier dienen de vier kalibemestingen verdeeld te worden tussen 20 en 120 kg K_2O per ha.

§ 5. De invloed van prijswijzigingen op het economisch optimale niveau van bemesting

a. Algemeen

Een prijswijziging kan zich steeds voordoen, zowel bij

1. de aankoop van kunstmeststoffen als bij
2. de verkoop van het geoogste produkt.

1. De kunstmeststoffen

Een verandering van de prijs van de kunstmest kan de richting van de isotime en dus ook de plaats en de loop van het expansiepad wijzigen.

In hoofdstuk I, § 3c zagen wij dat de isotime een hoek met de x-as maakt waarvan de tangens gelijk is aan $\frac{P_a}{P_b}$. Hier betekent dit dus: $\text{tg } \alpha = \frac{\text{prijs kunstmest a}}{\text{prijs kunstmest b}}$. Verandert de prijs van a of van b, dan verandert ook $\text{tg } \alpha$, dus ook hoek α en dus de richting van de isotime.

Veranderen beide kunstmeststoffen in prijs, dan doen zich weer twee mogelijkheden voor. Zij veranderen beide in dezelfde mate, d.w.z. zowel kunstmest a als kunstmest b worden $n \times$ zo duur of $n \times$ zo goedkoop. Tangens α blijft dan gelijk en de richting van de isotime verandert niet, waardoor ook het expansiepad hetzelfde blijft. Deze mogelijkheid zal zich niet vaak voordoen. Meestal lopen de prijswijzigingen van de beide kunstmeststoffen van jaar op jaar ten opzichte van elkaar een weinig uiteen, de isotime verandert dus wel wat van richting. Het hangt nu geheel af van de vorm van de isoproduktcurven of het expansiepad ook zodanig van plaats verandert, dat het nieuwe economisch optimale niveau van bemesting wezenlijk verschilt van het niveau, dat onder de oude prijsverhoudingen is bepaald. Het kan ook voorkomen dat door prijswijzigingen van één der kunstmeststoffen of van beide de richting van de isotime zo verandert dat het expansiepad duidelijk verschuift.

Het economisch optimale niveau (punt) op het expansiepad wordt bepaald door het feit dat daar, gemeten over een kort traject, de meeropbrengst gelijk is aan de meerkosten van de bemesting. Blijft het expansiepad op dezelfde plaats liggen, terwijl wel de prijzen van de kunstmeststoffen zijn veranderd dan zal, weer gemeten over het hiervoor genoemde korte traject, de meerkosten van bemesting een andere waarde hebben en dientengevolge niet meer gelijk zijn aan de meeropbrengst. Zijn de kunstmeststoffen in prijs gestegen dan zal het economisch optimale punt van bemesting op een lager niveau liggen en omgekeerd.

Is het expansiepad verschoven en wat de vorm betreft, misschien veranderd, dan krijgen wij bovendien met andere gewichtsverhoudingen van de kunstmeststoffen te maken over een bepaald traject van het expansiepad.

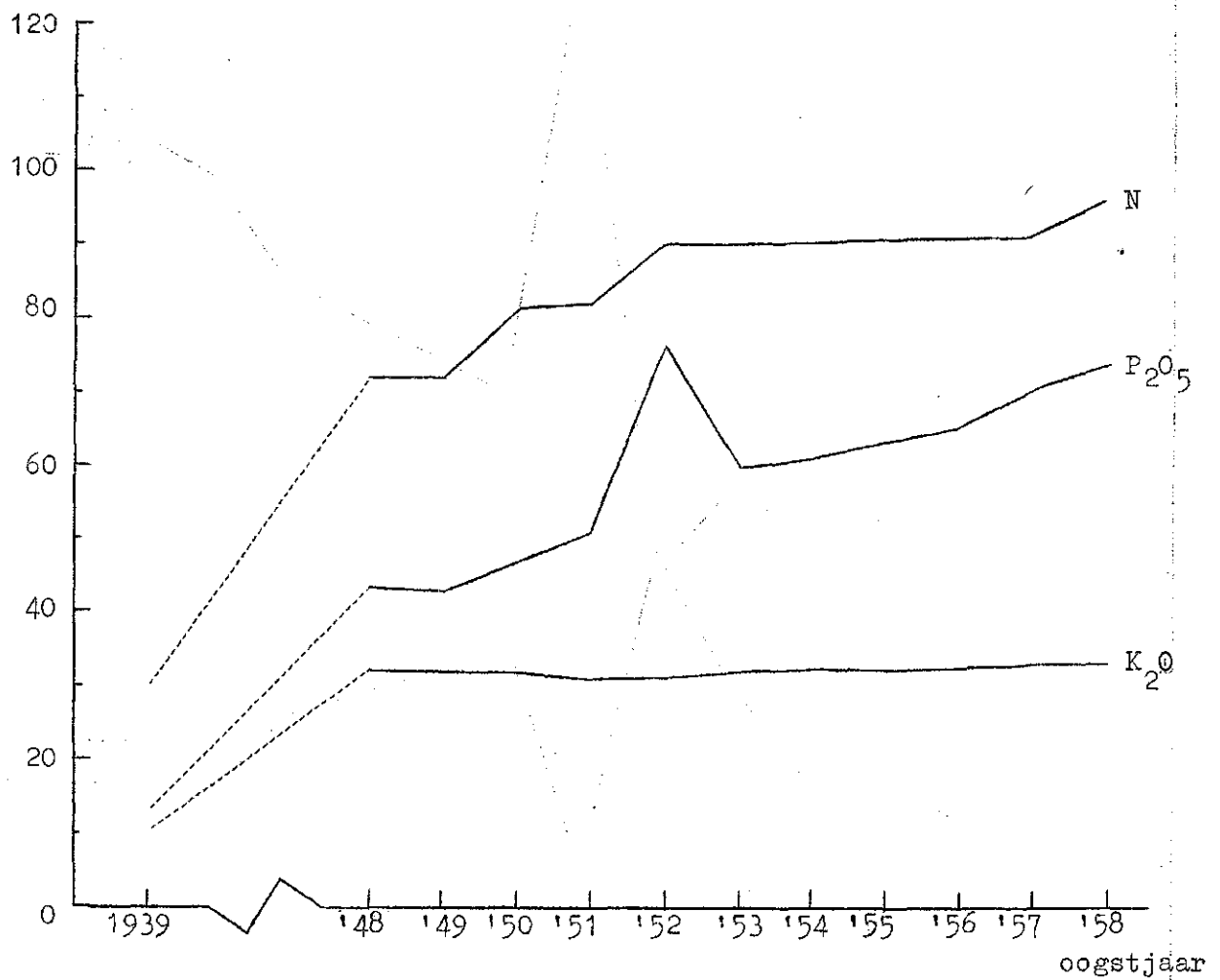
2. Het eindprodukt

Een prijswijziging van het eindprodukt heeft geen invloed op de ligging en vorm van het expansiepad. Dit betekent dat alleen op het bestaande expansiepad een nieuw punt gevonden moet worden, waar de

Figuur 14

DE PRIJS VAN 1 KG ZUIVERE KUNSTMESTSTOF IN DE AANGEGEVEN JAREN

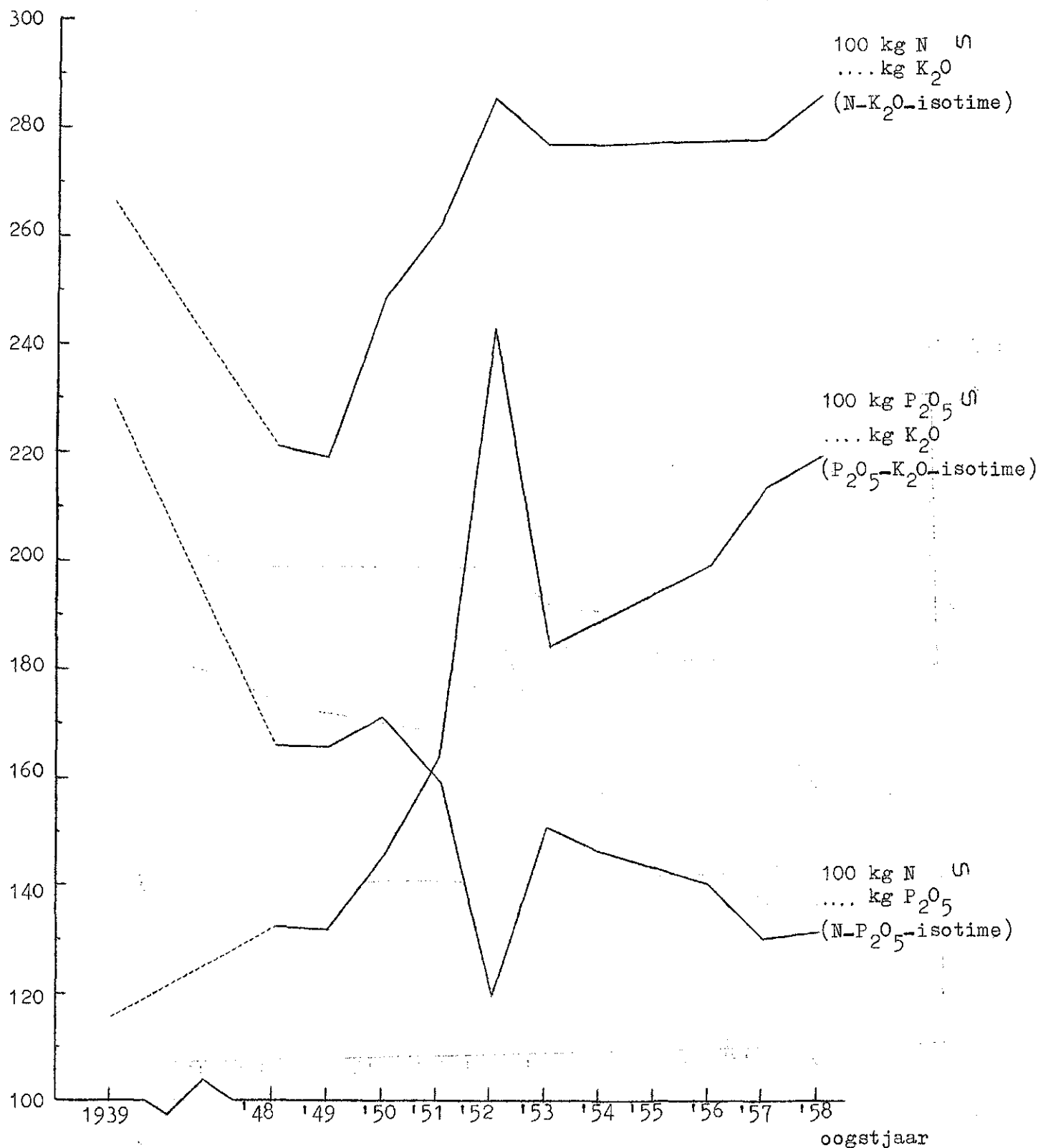
Prijs in centen



Figuur 15

HET AANTAL KG VAN EEN ZUIVERE KUNSTMESTSTOF, DAT IN GELDSWAARDE
OVEREENSTEMT MET 100 KG VAN EEN ANDERE MESTSTOF OVER
VERSCHILLENDE JAREN

Kg zuivere
meststof



meeropbrengst gelijk is aan de meerkosten.

b. De invloed van de prijzen op de richting van de isotime

De prijzen van de kunstmeststoffen in 1939 en van 1948 t/m 1958 zijn vermeld in bijlage III. Ter bepaling van de isotimen is in bijlage IV vermeld het aantal kg van een kunstmest dat evenveel kost als 100 kg van een andere kunstmest. Deze gegevens zijn ook in grafiekvorm weergegeven. In fig. 14 vindt men het verloop van de prijs van 1 kg zuivere kunstmeststof en in fig. 15 de gegevens, die afgeleid zijn uit bijlage IV.

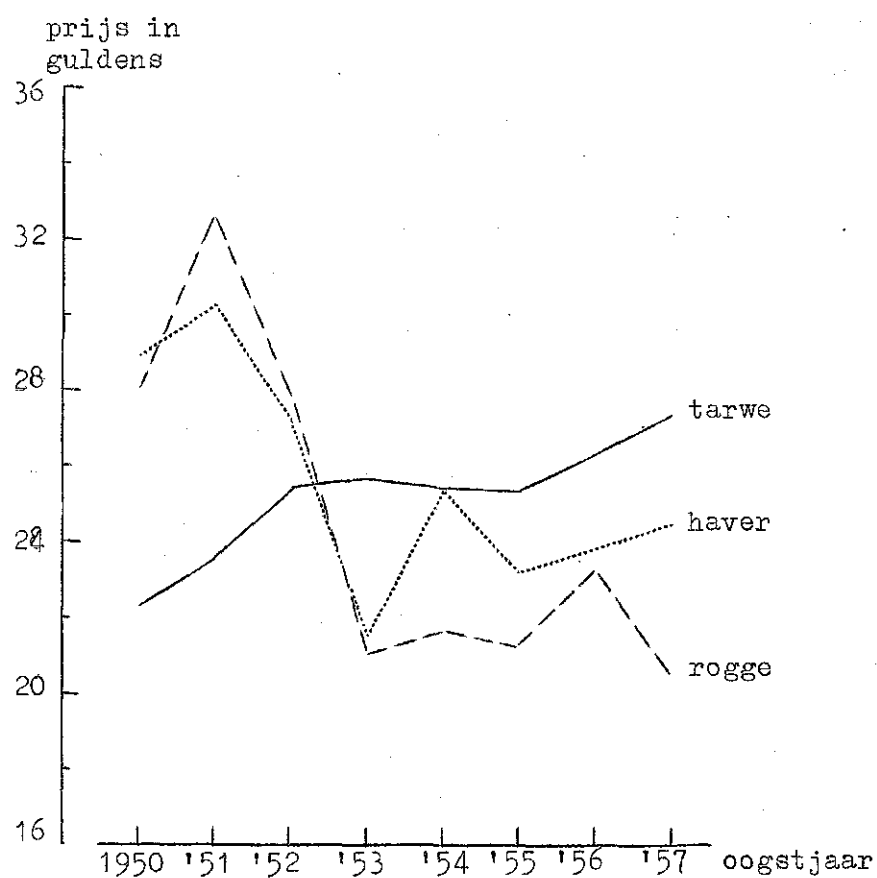
Fig. 14 toont, dat na 1948 de kali praktisch even duur is gebleven. De fosfaat stijgt regelmatig in prijs met een uitschieter in 1952. Van 1948 tot 1952 gaat de stikstofprijs trapsgewijs naar boven om van 1952 tot 1957 praktisch constant te blijven. Hieruit volgt dat de prijswijziging van stikstof, fosfaat en kali na 1948 verschillend is geweest. Het aantal kg kunstmest dat gemeten naar de geldswaarde overeenstemt met 100 kg van een andere kunstmest, zal zich dan ook wijzigen over deze jaren. In fig. 15 is dit duidelijk te zien. De $N-P_2O_5$ -verhoudingslijn daalt regelmatig met uitzondering van het jaar 1952. Dit betekent dus dat de fosfaat meer in prijs is gestegen dan de stikstof. Hetzelfde constateren wij t.o.v. kali bij de $P_2O_5 - K_2O$ -verhoudingslijn. De afwijking in 1952 wordt veroorzaakt door de hoge fosfaatkprijs in dat jaar. De $N-K_2O$ -verhoudingslijn in fig. 15 heeft een ander verloop. Van 1949 tot 1952 zien wij een sterke stijging door de oplopende prijs van de stikstof, nadien verloopt de lijn bijna horizontaal.

Voor de bepaling van de richting van de $N-P_2O_5$ -isotime zien wij dat de meest uiteenlopende waarden worden aangegeven door de jaren 1939 en 1952, t.w. in 1939: 100 kg N \cup 231 kg P_2O_5 en in 1952: 100 kg N \cup 118 kg P_2O_5

Nu zijn deze waarden wel interessant, doch niet karakteristiek voor de periode na 1948. Immers 1939 is het enige vooroorlogse jaar in deze serie en in 1952 hebben wij met een afwijkend hoge fosfaatkprijs te maken. Laten wij daarom 1939 en 1952 even buiten beschouwing, dan

Figuur 16

DE TELERSPRIJS VAN 100 KG TARWE, HAVER EN ROGGE OVER
VERSCHILLENDE JAREN



vinden wij de verst uiteenlopende waarden in:

1950: 100 kg N \cup 171 kg P_2O_5 en in

1957: 100 kg N \cup 130 kg P_2O_5

In 1957 naderen wij al weer vrij dicht de verhouding van 1952.

In de te bespreken isoproduktfiguren van tarwe hebben wij daarom vier N- P_2O_5 -isotimen getekend, die horen bij de jaren 1939, 1950, 1952 en 1957. De isotimen, die aansluiten bij de prijzen van de andere jaren, liggen hier tussen in.

Voor de P_2O_5 - K_2O -isotime is aldus genomen:

1939: 100 kg P_2O_5 \cup 116 kg K_2O

1952: 100 kg P_2O_5 \cup 243 kg K_2O

1949: 100 kg P_2O_5 \cup 132 kg K_2O

1958: 100 kg P_2O_5 \cup 219 kg K_2O

Het laagste punt van de N- K_2O -verhoudingslijn vinden wij in

1949: 100 kg N \cup 219 kg K_2O en het hoogste in

1958: 100 kg N \cup 286 kg K_2O

De invloed van de prijsverhouding van N en K_2O op de richting van de isotime in de verschillende jaren is dus minder groot dan van N- P_2O_5 en P_2O_5 - K_2O . Want in 1939 kostte 100 kg N evenveel als 231 kg P_2O_5 ; in 1952 stemt de waarde van 100 kg N overeen met ongeveer het halve aantal kg P_2O_5 als in 1939. Hetzelfde constateren wij t.a.v. K_2O - P_2O_5 . Daarentegen kostte in 1939 100 kg N evenveel als 219 kg K_2O en in 1958 evenveel als 286 kg K_2O dus ongeveer 30 % meer.

De N- K_2O -isotime hebben wij niet nodig, omdat het niet mogelijk is de P_2O_5 als constante te nemen bij de keuze van de isoproduktfiguren, daar de fosfaatsniveaus te ver van het economisch optimale punt liggen.

De prijs van de tarwe is vermeld in bijlage III en grafisch weergegeven in fig. 16. Wij zien dat de prijs na de oorlog vrij regelmatig is gestegen, dus evenals de kunstmestprijzen. Ter vergelijking is in fig. 16 ook de telersprijs van rogge en haver aangegeven over de periode 1950 t/m 1957. Dit geeft een heel ander beeld!

c. Het economisch optimale niveau van bemesting, bepaald bij de prijzen van 1939 en 1948 t/m 1958.

De technische proefveldresultaten van de jaren 1943 en 1946 met de prijzen van 1957 geven een economisch optimaal niveau van bemesting te zien. De wijze, waarop dit gebeurd, is beschreven in § 3c en 3e. Hier wordt weer dezelfde werkmethode gevolgd, alleen nu met de prijzen van kunstmest en tarwe van de jaren 1939 en 1948 t/m 1958.

1943 - wintertarwe

In de N_4PK -isoproductfiguur(bijlage 5) zijn tevens de P_{20}_5 - K_2O isotimen getekend van 1939, 1949, 1958(valt samen met 1957) en 1952. De expansiepaden, die horen bij de isotimen van 1939 en 1952, korthedshalve aangeduid als expansiepad '39 en '57-'52 zijn in de isoproductfiguur aangegeven. Die van de overige jaren liggen hier tussen in.

Wij constateren dat de expansiepaden niet ver uit elkaar lopen. Immers om, uitgaande van deze isoproductfiguur, 4900 kg tarwe zo economisch mogelijk te produceren dient men in 1952 t.o.v. 1939 4 kg minder P_{20}_5 /ha te geven en 6 kg meer K_2O /ha. Dit zijn verschillen, die voor de praktijk zijn te verwaarlozen.

Gaande over expansiepad '52 van de isoproductcurve 4700 naar 4900 kg/ha dienen wij aan kunstmest extra toe te voegen 60 kg K_2O (142-82) en ± 2 kg P_{20}_5 ; hebben wij te maken met het expansiepad '39 dan is dit 72 kg K_2O (136-64) meer en 5 kg P_{20}_5 minder. Het verschil met het expansiepad van 1952 is gering. Daarom kunnen wij stellen: van welk jaar wij ook uitgaan (1939 en 1948 t/m 1958), steeds kunnen wij volstaan met een "gemeenschappelijk" expansiepad. Een meeropbrengst van 200 kg tarwe vereist dan, gaande over dit "gemeenschappelijk" expansiepad, een extra bemesting van ± 65 kg K_2O en 0 kg P_{20}_5 .

Uit § 3c weten wij dat, bij de prijzen van 1957, het economisch optimale punt nog niet was bereikt. Om de invloed aan te geven van de wisselende prijzen over de jaren zijn in tabel 9 de meerkosten

van de bemesting weergegeven in % van de meeropbrengst over het hoogste traject van het "gemeenschappelijk" expansiepad. Wij constateren dat het in al die jaren economisch verantwoord was tot 4900 kg/ha te gaan; de meerkosten lopen uiteen van 33 tot 51 % van de meeropbrengst. Van 1948 af zien wij een geleidelijke daling van het aandeel van de bemestingskosten in de opbrengst van 51 tot 37%. Het jaar 1952 met zijn hoge fosfaatprijs oefent in dezen geen invloed uit, omdat op bovengenoemd produktieniveau de fosfaatbemesting praktisch constant kan worden gehouden.

Ter bepaling van het economisch optimale niveau van bemesting dienen wij nu over te gaan tot de NPK_3 -figuur (bijlage 6). Hier zijn de $N-P_2O_5$ isotimen van de jaren 1939, 1950, 1957 en 1952 getekend. Verder zijn wij hier op dezelfde wijze te werk gegaan als in de N_4PK -figuur.

De expansiepaden, die behoren bij de prijzen van 1939 en 1952 in de NPK_3 -figuur lopen dicht bij elkaar dan in de N_4PK -figuur. Over het traject van 4800 naar 4900 kg is in 1957 de meeropbrengst groter dan de meerkosten (bijlage II). In de andere jaren is dit waarschijnlijk ook het geval omdat deze opbrengststijging bijna geheel verkregen wordt door meer stikstof te geven. De prijs van de stikstof en van de tarwe zijn beiden vrij regelmatig gestegen. Dit is hier niet berekend omdat de isoproductcurve van 4900 kg/ha niet nauwkeurig is aan te geven. Het economisch optimale niveau van bemesting zal voor al deze jaren wel ongeveer gelijk zijn (zie § 3c).
1946 - zomertarwe

Op eenzelfde wijze gaan wij nu het economisch optimale niveau van bemesting bepalen bij zomertarwe (geteeld in 1946) bij verschillende prijzen.

In de N_3PK -isoproductcurvenfiguur (bijlage 9) zijn dezelfde P-K isotimen getekend als in bijlage 5. In tabel 9 zijn over het nog juist meetbare deeltraject van het "gemeenschappelijk" expansiepad van isoproductcurve 38 naar $38\frac{1}{2}$ q/ha de meerkosten uitgedrukt in % van de meeropbrengst. De meerkosten in % van de meeropbrengst lopen uiteen van 36 tot 56 %; van 1948 tot 1958 zien wij een geleidelijke daling van 56 % tot 48 %.

Tabel 9

DE MEERKOSTEN IN % VAN DE MEEROPBRENGST
BIJ VERSCHILLENDE JAARPRIJZEN

Prijzen van het jaar	Meerkosten in % meeropbrengst		
	1943- w.tarwe N ₄ PK 1)	1946-zomertarwe	
		N ₃ PK 2)	NPK ₃ 3)
1939	33	36	48
1948	51	56	63
1949	50	55	62
1950	48	54	67
1951	44	51	65
1952	41	53	69
1953	41	50	66
1954	42	51	66
1955	43	52	68
1956	41	50	65
1957	39	49	64
1958	37	48	63

- 1) De meeropbrengst is gebaseerd op 200 kg en de meerkosten op 65 kg K₂O.
- 2) De meeropbrengst is gebaseerd op 50 kg en de meerkosten op 14 kg K₂O en 3 kg P₂O₅.
- 3) De meeropbrengst is gebaseerd op 50 kg en de meerkosten op 8 kg N en 2 kg P₂O₅.

Wij dienen nu over te gaan op de NPK₃-figuur (bijlage 10). Over het traject van het "gemeenschappelijk" expansiepad van isoproduktcurve 3900 naar 3950 kg/ha zijn weer de meerkosten uitgerekend in % van de meeropbrengst (tabel 9). In alle jaren blijkt de meeropbrengst groter te zijn dan de meerkosten.

De isoproduktcurve 4000 en dus ook het kostenpunt van deze curve (slechts bij benadering aan te geven) ligt zo ver verwijderd van het kostenpunt van de isoproduktcurve van 3950 kg/ha,

dat het bij de verschillende jaarprijzen economisch niet verantwoord is tot 4000 kg/ha te gaan.

Voor alle hier besproken jaren is het economisch optimale niveau van bemesting en produktie van zomertarwe, gebaseerd op de proefveldgegevens van 1946, ongeveer gelijk.

De oorzaak van de geringe invloed van prijswijzigingen op de ligging van het economisch optimale punt kunnen wij dus toeschrijven aan:

1. het feit dat de fosfaatbemesting op dit opbrengstniveau praktisch constant dient te worden gehouden;
2. de tamelijk evenredige stijging van de prijs van de kunstmeststoffen en de tarwe;
3. de duidelijk optredende afnemende meeropbrengst na een bepaald produktieniveau.

§ 6. De conclusies

1. Van de vijf gewassen, verbouwd in verschillende jaren, kan slechts van twee een economisch optimaal niveau van bemesting worden aangegeven.
2. Het economisch optimale niveau van bemesting van wintertarwe, geteeld in 1943, ligt bij 120 kg N, 40 kg P_2O_5 en 140 kg K_2O /ha met een opbrengst van 4900 kg/ha en van zomertarwe, geteeld in 1946 is dit 90 kg N, 25 kg P_2O_5 en 60 kg K_2O /ha met een opbrengst van 3850 kg/ha.
3. Bij drie gewassen kan geen economisch optimaal niveau worden bepaald omdat:
 - a. uit de isoproduktenfiguur van zomertarwe, verbouwd in 1941, afgeleid kan worden, dat er te weinig fosfaat ter beschikking van de plant stond;
 - b. bij voederbieten (1942) en rogge (1944) de isoproduktcurvenfiguur twee gescheiden produktietoppen aanduidt, die met de beschikbare gegevens niet kunnen worden getekend.
4. Het is beter te spreken van een economisch optimaal niveau van bemesting en niet van een economisch optimaal punt van bemesting.

5. Het "aftasten" van de opbrengsttabel ter bepaling van het economisch optimale niveau van bemesting voldoet voor de praktijk goed mits:
 - a. de bemestingstrappen niet te ver uit elkaar liggen en
 - b. de produktievlakken geen onregelmatigheden vertonen. Dit laatste komt in twee van de vijf proefjaren voor.
6. In het algemeen beschikken wij per gewas slechts over de proefuitkomsten van één jaar. Hieraan kunnen nog geen bemestingsadviezen worden ontleend. Daarom is het gewenst dat deze proeven herhaald worden.
7. Omtrent het bemestingsschema voor toekomstige proeven behoort rekening te worden gehouden met het volgende:
 - a. de betekenis van de laagste stikstoftrap ($N_1 = 30 - 40 \text{ kg N/ha}$ bij de granen) is voor het economische onderzoek gering;
 - b. ieder jaar is voor de granen een fosfaatbemesting gewenst van ongeveer 20, 40, 60 en 80 $\text{kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$;
 - c. het is bij de granen gewenst de vier kaligiften te verdelen over het traject van 20 tot 200 $\text{kg K}_2\text{O/ha}$.
8. Het economisch optimale niveau van bemesting en produktie van wintertarwe en zomertarwe wordt praktisch niet beïnvloed door de prijzen van kunstmeststoffen en tarwe over de jaren 1939 en 1948 t/m 1958.

HOOFDSTUK IV

HET AARDAPPELPROJECT (Pr. 965)

§ 1. De p r o e f o m s t a n d i g h e d e n

De opbrengstgegevens van het aardappelproject (Pr. 965) over de jaren 1947, 1948 en 1949 hebben betrekking op de rassen Voran en Noordeling. De aardappelproefvelden, aangelegd door dr. E.G. Mulder, lagen in de gemeente Marum (Westerkwartier) op pas ontgonnen heidegrond. Er zijn vijf stikstoftrappen t.w. $N_1 = 0$; $N_2 = 50$; $N_3 = 100$; $N_4 = 200$ en $N_5 = 300$ kg/ha. Op bepaalde veldjes is de stikstof gegeven in de vorm van zwavelzure ammoniak (za) en op andere veldjes in de vorm van kalksalpeter (ks). Verder zijn er drie fosfaattrappen. In 1947 hebben de P_1 -veldjes 0 kg; de P_2 -veldjes 50 kg en de P_3 -veldjes 300 kg P_2O_5 /ha ontvangen. In 1948 en 1949 is $P_1 = 0$; $P_2 = 100$ en $P_3 = 300$ kg P_2O_5 /ha. De fosfaat is gegeven in de vorm van dubbelsuperfosfaat (dsup). Verder is ieder jaar op alle proefvelden 300 kg K_2O /ha gestrooid als zwavelzure kali. De magnesiumbemesting bestond in 1947 en 1948 uit 100 kg MgO /ha en in 1949 uit 30 kg MgO /ha, gegeven als magnesiumsulfaat. Wij hebben hier dus met twee bemestingsvariabelen te maken in tegenstelling met het granen- en voederbietenproject, waar ook de kaligift was gevarieerd.

De combinatie N_1P_1 (0 kg N en 0 kg P_2O_5 /ha) komt viermaal voor; de overige combinaties ieder tweemaal. In totaal zijn er 27 objecten en 56 veldjes.

In oktober 1947 zijn bij het rooien van de aardappelen enkele grondmonsters genomen, waarvan o.a. het P-citroen is bepaald. De P_1 -, P_2 - en P_3 -veldjes bleken een P-citroengetal te hebben van resp. 9, 11 en 21.

De prijzen, die hier gebruikt worden zijn in hoofdstuk II, § 2 opgenomen, terwijl de proefveldgegevens zijn verwerkt, zoals in § 3 van hetzelfde hoofdstuk is aangegeven.

Ter beperking van de te verwerken gegevens zijn de uitkomsten van het laatste jaar (1949) gekozen voor de bestudering van de in-

vloed van 2 variabele produktiefactoren op het produktievlak. Deze variabele produktiefactoren zijn de stikstof- en de fosfaatbemesting. In bijlage V zijn de aardappel- en zetmeelopbrengsten vermeld bij de verschillende kunstmestcombinaties. In totaal kunnen wij 8 verschillende produktievlakken, d.w.z. hun isoproduktcurven, geprojecteerd in het platte vlak, tekenen. Wij hebben te maken met 2 stikstof-kunstmeststoffen ks en za; 2 aardappelrassen Voran en Noordeling en de aardappelknol- en zetmeelopbrengst. In tabel 10 zijn deze mogelijkheden overzichtelijk opgesteld. Bij iedere combinatie van de 2 variabelen en de onderling te variëren vaste produktiefactoren is de isoproduktenfiguur aangegeven, die hierop betrekking heeft.

Tabel 10

OVERZICHT VAN DE UITGEBEELDE PRODUKTIEVLAKKEN

Variabele produktiefactoren	Wijze van opbrengst bepaling	Aardappelrassen	Vorm waarin de stikstof is gegeven	Figuur die hierop betrekking heeft
N en P ₂ O ₅	zetmeel	Voran	ks	bijlage 11
			za	" 12
		Noordeling	ks	" 13
			za	" 14
	aardappel	Voran	ks	" 15
			za	" 16
		Noordeling	ks	" 17
			za	" 18

§ 2. De resultaten van de aardappelproef in 1949

Bij het bepalen van de waarde van de opbrengst van aardappelen op deze grond kunnen wij uitgaan van fabrieks-, voer- of consumptieaardappelen. De zetmeelopbrengst bepaalt de geldelijke opbrengst van de fabrieksaardappelen en dit wordt onder a besproken.

In deel b van deze paragraaf nemen wij aan dat de aardappel bestemd is om vervoerd te worden. Tenslotte is in § 3 een overzicht gegeven van de produktierichtingen, waarvoor de aardappel kan worden bestemd - dus ook voor de consumptie - en de geldelijke gevolgen van dien.

a. De zetmeelopbrengst (bijlage 11, 12, 13 en 14)

In bijlage VI is voor ieder produktievlak aangegeven het verschil tussen de meeropbrengst en de meerkosten over het traject van 50 tot 55 q zetmeel per ha. In 1949 was nl. de gemiddelde opbrengst in Nederland 5325 kg zetmeel per ha. Verder is er naar gestreefd het economisch optimale niveau van bemesting aan te geven, dus het niveau waar de meeropbrengst van de laatst geproduceerde eenheid gelijk is aan de daarmee gepaard gaande N- en P_2O_5 - bemestingskosten. Hierbij is echter gebleken dat dit traject in de figuren voor de zetmeelopbrengst niet is aan te geven. Dit komt omdat dit traject boven het deel van het produktievlak ligt dat kan worden getekend. In plaats daarvan is dan het verschil berekend tussen de meeropbrengst en de meerkosten over een traject van 100 kg, waarvan de bovenste begrenzing bepaald wordt door de isoproduktcurve, waarop nog juist een kostenpunt aangegeven kan worden. De meerkosten zijn tevens nog uitgedrukt in % van de meeropbrengst om een vergelijking te vergemakkelijken.

Uit deze beperkte gegevens kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Het economisch optimale deeltraject van bemesting is in geen van de 4 figuren bereikt.
2. Over het traject van 5.000 tot 5.500 kg zetmeel/per ha bedragen de meerkosten 14 tot 28 % van de meeropbrengst. Bij Voran is deze verhouding gunstiger dan bij Noordeling.
3. Bij ks-bemesting zijn er minder kg zuivere stikstof nodig dan met za ter verkrijging van 5.000 tot 5.500 kg zetmeel per ha. De P_2O_5 bemesting bij Voran - za is iets kleiner dan bij Voran - ks; bij Noordeling - za daarentegen hoger dan bij Noordeling - ks.

Dichter bij het economisch optimale deeltraject van bemesting geldt hetzelfde.

4. Bij Voran ligt de optimale produktie met ks boven de 7900 kg zetmeel per ha; en met za boven de 7000 kg/ha.
5. Het laat zich aanzien dat het economisch optimale traject van bemesting
 - t.a.v. N bij Voran-ks ongeveer 100 kg/ha is (bijlage 11)
 - t.a.v. N bij " -za " 180 " " " (bijlage 12)
 - t.a.v. N bij Noordeling groter dan 150 kg/ha (bijlage 13 en 14)
 - t.a.v. P_2O_5 bij Voran en Noordeling boven de 300 kg ligt. In hoe verre dit laatste moet worden toegeschreven aan de fosfaattoestand van de grond is niet bekend.

In tabel 11 is een overzicht opgesteld, waarbij de totale bemestingskosten voor wat betreft de stikstof en de fosfaat bij een bepaalde produktie vermeld is in procenten van de geldelijke opbrengst van die produktie.

Tabel 11

DE N- EN P_2O_5 - BEMESTINGSKOSTEN IN % VAN DE ZETMEELOPBRENGST

Aardappelras en vorm van de N-bemesting	De bemestingskosten van N en P_2O_5 in % van de zetmeelopbrengst bij een produktieniveau (kg/ha) van				
	5000	5500	6000	7000	8000
Voran ks	9	10	10	11	12
Voran za	9	10	11	15	-
Noordeling ks	16	16	18	-	-
Noordeling za	18	19	20	-	-

Wij constateren een geringe stijging van het aandeel van de bemestingskosten in de geldelijke opbrengst bij stijging van de produktie.

- b. De aardappelopbrengst (bijlage 15, 16, 17 en 18)

Bijlage VII is op dezelfde wijze verkregen als bijlage VI. In 1949 was de gemiddelde opbrengst aan fabrieksaardappelen ongeveer 28.500 kg/ha en aan consumptie- en voeraardappelen ongeveer 25.500 kg/ha. Daarom is in bijlage VII o.a. voor iedere isoproduktenfiguur

het verschil tussen de meeropbrengst en de meerkosten aangegeven over het traject van 25.000 tot 30.000 kg m.u.z. van Noordeling-za, omdat 27.000 kg het hoogste produktieniveau voorstelt, waarbij nog een kostenpunt kan worden aangegeven.

Bij Voran-voeraardappelen, bemest met za, (bijlage 16) is het economisch optimale niveau aan bemesting bereikt. Het is echter lastig dit niveau nauwkeurig aan te geven, omdat hier van de isoproduktcurve in het economisch interessante deel van het produktievlak meestal slechts 2 punten bekend zijn. Hierdoor moet de ligging van de isoproduktcurve ten dele geschat worden. Daarom is het verschil tussen de meeropbrengst en de meerkosten berekend over een traject van 43.000 tot 48.000 kg aardappelen per ha. Tevens is het traject 47.000 tot 48.000 gegeven om duidelijk te laten zien dat het verschil hier negatief is.

Bij de figuren en bijlage VII kunnen de volgende aantekeningen worden gemaakt:

1. Het economisch optimale traject van bemesting wordt bereikt bij Voran, bemest met stikstof in de vorm van za. Dit traject ligt tussen 42.000 en 47.000 kg voeraardappelen per ha. Bij de andere 3 produktievlakken is het optimale traject nog niet bereikt.
2. Over het traject van 25.000 tot 30.000 kg voeraardappelen bedragen de meerkosten bij Voran 22 tot 28 % van de meeropbrengst; bij Noordeling- za \pm 70 % en bij Noordeling - ks 54 %. Bij Voran ligt deze verhouding dus gunstiger.
3. Indien de Noordeling voor f. 9,- als consumptie-aardappel kan worden verkocht is het % voor za 24 % en voor ks 19 %.
4. Bij Voran- ks ligt de optimale produktie boven 48.000 kg per ha; bij Voran-za op ongeveer 45.000 kg per ha.
5. Ter verkrijging van 45.000 kg Voran is de bemesting ongeveer 120 kg N (ks) en 265 kg P_2O_5 of 245 kg N (za) en 210 kg P_2O_5 .

6. Ter verkrijging van 27.000 kg Noordeling is de bemesting:

90 kg N (ks) en 270 kg P_2O_5 of
115 kg N (za) en 330 kg "

7. Het laat zich aanzien dat het economisch optimale traject van

bemesting t.a.v. N bij Voran - ks ongeveer 120 kg N/ha is (bijlage 15);

t.a.v. N bij " - za " 250 kg N/ha is (bijlage 16)

t.a.v. N bij Noordeling " 100 kg N/ha is (bijlage 17
en 18)

t.a.v. P_2O_5 boven de 300 kg/ha ligt, behalve bij Voran-
za, waar deze ongeveer 200 kg/ha is.

In tabel 12 zijn, bij verschillende opbrengsten aan voeraard-
appelen, de bemestingskosten van stikstof en fosfaat gegeven in pro-
centen van de geldelijke opbrengst van de daarmee verkregen pro-
duktie.

Tabel 12

DE N- EN P_2O_5 -BEMESTINGSKOSTEN IN %
VAN DE OPBRENGST AAN VOERAARDAPPELEN

Aardappelras en vorm van de N-bemesting	De bemestingskosten van N en P_2O_5 in % van de opbrengst aan voeraardappelen bij een produktie (kg/ha) van				
	25.000	27.000	30.000	45.000	48.000
Voran - ks	15 %	1)	17 %	24 %	26 %
Voran - za	13 %	1)	14 %	28 % ²⁾	
Noordeling - ks	34 %	36 %	38 %		
Noordeling - za	40 %	42 %			

1) Niet bepaald.

2) Econ. optimale niveau bereikt.

Uit tabel 12 volgt, dat bij de hogere produktieniveaus het
aandeel van de kosten van de N- en P_2O_5 -bemesting in de totale
opbrengst stijgt.

§3. Overzicht van de geldelijke opbrengst bij de verschillende produktierichtingen

Tabel 13 geeft een overzicht van het verschil tussen opbrengst en bemestingskosten bij verschillende bestemmingen van de aardappel. Hierbij is uitgegaan van een aardappelopbrengst, die overeenstemt met de produktiecurve, waarop nog duidelijk een kostenpunt kan worden aangegeven. Voor Voran, bemest met ks, is dit 48.000 kg (bijlage 15); voor Voran-za is dit het economisch optimale niveau van produktie, dat ongeveer bij 45.000 kg ligt (bijlage 16); voor Noorde-ling-ks is dit 30.000 kg (bijlage 17) en voor Noordeling, bemest met za, 27.000 kg (bijlage 18).

Uitgaande van een prijs van f. 3,10 per 100 kg voeraardappelen is op regel 1 het verschil berekend tussen de geldelijke opbrengst en de kosten van de N- en P_2O_5 -bemesting. Uit de oorspronkelijke gegevens, die in de tekst niet zijn vermeld, kan ongeveer worden afgelezen, welk zetmeelgehalte bij het bemestingsniveau hoort, waarmee de bovengenoemde aardappelopbrengst is verkregen. Daardoor is ook de geldelijke opbrengst te berekenen van de aardappelproduktie bij afzet als fabrieksaardappelen. Dit is op regel 2 aangegeven.

Op regel 3 is het verschil berekend tussen de opbrengst en de bemestingskosten maar nu, in tegenstelling met regel 2, uitgaande van het zetmeelproduktievlak. Indien onze produktie van te voren gericht is op fabrieksaardappelen moeten wij uitgaan van het zetmeelproduktievlak. Willen wij voer- of consumptie-aardappelen telen, dan dienen wij theoretisch uit te gaan van een produktievlak, dat op de aardappelopbrengst is gebaseerd.

Bij voorbeeld het kostenpunt van de isoproduktiecurve van 45.000 kg aardappelen van Voran bemest met za (bijlage 16) ligt bij 247 kg N en 207 kg P_2O_5 . Bij dit bemestingsniveau is het zetmeelgehalte ongeveer 15,5 % of in 45.000 kg Voran aardappelen zit ongeveer 7.000 kg zetmeel. Deze 7.000 kg zetmeel zijn eveneens te verkrijgen met 247 kg N en 207 kg P_2O_5 .

Tabel 13

DE INVLOED VAN DE BESTEMMING VAN DE AARDAPPELPRODUKTIE OP HET VERSCHIL
TUSSEN DE OPBRENGST EN DE KOSTEN VAN BEMESTING MET N EN P₂O₅
(zie de tekst)

Het aardappelras waaraan en de vorm waarin de N is gegeven	Re- gel	De bestemming van de aard- appelen	De opbrengst in kg / ha	De opbrengst in gld./ha	De bemesting in kg / ha		De bemestings- kosten in gld. / ha	Verschil tussen opbrengst en be- mestingskosten
					N	P ₂ O ₅		
Vorán - ks	1	voeraardappelen	48.000	f. 1488,-	121	329	f. 380,53	1107,47
	2	fabrieksaard.	7.300	f. 2628,-	121	329	f. 380,53	2247,47
	3	"	7.300	f. 2628,-	90	269	f. 300,77	2327,23
Vorán - za	1	voeraardappelen	45.000	f. 1395,-	247	207	f. 385,76	1009,24
	2	fabrieksaard.	7.000	f. 2520,-	247	207	f. 385,76	2134,24
	3	"	7.000	f. 2520,-	177	288	f. 378,39	2141,61
Noordeling - ks	1	voeraardappelen	30.000	f. 930,-	94	330	f. 349,94	580,06
	2	fabrieksaard.	5.800	f. 2088,-	94	330	f. 349,94	1738,06
	3	"	5.800	f. 2088,-	129	281	f. 354,77	1733,23
	4	consumptie-aard.	30.000	f. 2700,-	94	330	f. 349,94	2350,06
Noordeling - za	1	voeraardappelen	27.000	f. 837,-	114	330	f. 349,20	487,80
	2	fabrieksaard.	5.100	f. 1836,-	114	330	f. 349,20	1486,80
	3	"	5.100	f. 1836,-	137	284	f. 337,82	1498,18
	4	consumptie-aard.	27.000	f. 2430,-	114	330	f. 349,20	2080,80

Gaan wij uit van het zetmeelproduktievlak (bijlage 12) dan zien wij dat met 250 kg N en 247 kg P_2O_5 , 7.000 kg zetmeel geproduceerd kan worden doch dat het kostenpunt nu ligt bij 177 kg N en 288 kg P_2O_5 .

Dit verschil wordt veroorzaakt

1. doordat het zetmeelgehalte van de aardappelen afhankelijk is van de bemesting en
2. door niet vermijdbare onnauwkeurigheden bij de proef en de tekeningen.

Ten aanzien van het verschil tussen opbrengst en bemestingskosten maakt het maar weinig uit van welk vlak wij uitgaan, zoals wel blijkt uit de regels 2 en 3 van tabel 13. Praktisch gezien is dit verschil te verwaarlozen.

Ten slotte bestaat er nog de mogelijkheid, dat de aardappel voor consumptie kan worden afgezet. In het najaar van 1957 bedroeg de prijs voor Noordeling als consumptie-aardappel f. 9,-/100 kg. Op regel 4 is het verschil tussen opbrengst en bemestingskosten berekend bij afzet van de aardappel voor de consumptie.

Uit tabel 13 blijkt, dat bij afzet als fabrieksaardappel, Voran tweemaal en de Noordeling driemaal zo veel opbrengt als bij afzet van hetzelfde ras als voeraardappelen (afgezien van alle verdere kosten). Kan de Noordeling als consumptie-aardappel worden afgezet dan is het verschil ten opzichte van de Noordeling-voeraardappelen nog gunstiger.

Bij een prijs van de Noordeling-consumptie-aardappelen van ongeveer f. 7,- i.p.v. f. 9,- is er praktisch geen verschil in opbrengst minus N- en P_2O_5 -bemestingskosten tussen Noordeling fabrieks- en consumptie-aardappelen.

De indruk is wel-met inachtneming van het feit dat slechts in 1 van de 8 gevallen een economisch optimaal traject van bemesting kan worden bepaald-dat bij Voran, bemest met ks, het verschil tussen opbrengst en bemestingskosten het grootst is, zowel bij produktie voor fabrieks- als voor voeraardappelen. Tevens is het verschil tussen opbrengst en bemestingskosten bij Voran fabrieksaardappelen praktisch even groot als hetzelfde verschil bij Noordeling consumptie-aardappelen, beiden bemest met ks. Dit verschil is ongeveer f. 2330,- tot f. 2350,-. Het economisch optimale niveau van produktie is dan in beide gevallen nog niet bereikt.

SAMENVATTING

Het probleem, waarvoor wij ons gesteld zien luidt: Hoeveel en in welke combinatie dienen wij kunstmeststoffen toe te voegen aan het gewas ter verkrijging van een zo gunstig mogelijk economisch resultaat.

In hoofdstuk I is de theoretische kant van dit vraagstuk behandeld. De economisch optimale bemesting kan worden aangeduid als het punt, waar het verschil tussen de bemestingskosten en het hiermede voortgebrachte produkt zo groot mogelijk is. In § 2 is beschreven hoe dit punt langs meetkundige weg wordt gevonden, wanneer wij met één variabele produktiefactor hebben te maken. Dan dient een raaklijn te worden getrokken aan de produktiecurve en wel zodanig, dat deze raaklijn met de x-as een hoek maakt, waarvan de tangens gelijk is aan de prijsverhouding van het produktiemiddel en het hiermede voortgebrachte produkt $\left(\frac{P}{P_a}\right)$.

^PHebben wij met twee variabele produktiefactoren te maken, dan is ook langs meetkundige weg een oplossing te vinden. Daartoe wordt eerst de isoproduktenfiguur getekend, waarvan het expansiepad wordt bepaald. Op dit expansiepad wordt nu, bij benadering, het economisch optimale punt van bemesting aangegeven. Deze methode is beschreven in § 3 van hoofdstuk I en praktisch uitgewerkt in § 3 van hoofdstuk II. In § 4 van hoofdstuk I is aangegeven, hoe langs algebraïsche weg, zowel met één als met twee variabele kunstmeststoffen het economisch optimum wordt bepaald.

Eén van de proeven die ons ter beschikking staat, is het granen- en voederbietenproject. Bij deze proef zijn de stikstof, de fosfor en de kali in verschillende hoeveelheden en in verschillende combinaties aan de proefveldjes op slempige zavel toegediend (zie tabel 6). In 1941 is op deze veldjes zomertarwe verbouwd; in 1942 voederbieten; in 1943 wintertarwe; in 1944 rogge en in 1946 weer zomertarwe.

In de jaren 1941 en 1943 is geen fosfaatbemesting gegeven, omdat de fosfaattoestand voldoende varieerde door voorgaande bemestingen. Daarom is hier bij de drie fosfaattrappen uitgegaan van de gemiddelde fosfaatbemesting van 1940 t/m 1946, die iedere trap jaarlijks heeft ontvangen. In ieder proefjaar kunnen elf isoproduktfiguren worden getekend. Om het aantal te tekenen figuren zoveel mogelijk te beperken is eerst aan de hand van de opbrengsttabel (bijlage I) nagegaan welke toegedien- de combinatie van N, P_2O_5 en K_2O nog juist economisch verant- woord is. Deze combinatie dient dan als uitgangspunt van de te tekenen isoproduktfiguren. Hierbij is steeds een van de kunst- meststoffen als constante genomen, omdat in een isoprodukten- figuur slechts twee variabelen verwerkt kunnen worden.

Het economisch optimale niveau van bemesting van zomertar- we, verbouwd in 1941, wordt wel benaderd, doch is nog niet be- reikt. Dit moet worden toegeschreven aan een fosfaattekort. De voederbieten, geteeld in 1942, geven een onregelmatig verloopend produktievlak te zien. De NP_3K -isoproduktenfiguur (bijlage 4) geeft aan, dat er twee verschillende produktietoppen zijn. In 1943 bij wintertarwe vinden wij wel een economisch optimaal ni- veau van bemesting. Dit ligt ongeveer bij 120 kg N, 40 kg P_2O_5 en 140 kg K_2O . De opbrengst, die hiermede is verkregen, bedraagt 4900 kg korrel per ha; het saldo opbrengst min bemestingskosten is f. 1125,-. De isoproduktenfiguur van rogge (1944) is nog moei- lijker te hanteren dan die van voederbieten. Ook hier lijkt het erop dat er twee produktietoppen zijn, waarvan er één is gelegen bij een lage stikstof- en een zeer lage kalibemesting. Tenslotte geeft het laatste proefjaar 1946, met als gewas zomertarwe, wel een economisch optimaal produktieniveau te zien. Dit ligt bij 90 kg N, 25 kg P_2O_5 en 60 kg K_2O . De opbrengst is 3850 kg per ha en het saldo f. 910,-.

Meestal is het vrij moeilijk de tekeningen te maken. Zo zijn er drie fosfaattrappen, hetgeen betekent dat dan door drie punten een opbrengstcurve getekend moet worden. Bij het tekenen van de

isoproduktcurven blijkt, dat er in het economisch interessante gebied (dus de omgeving van het expansiepad) te weinig gegevens aanwezig zijn om sommige curven voldoende nauwkeurig aan te geven.

Het aftasten van de opbrengsttabel levert resultaten op, die vaak goed aansluiten bij de uitkomsten van de isoproduktenfiguur (tabel 8). Krijgen wij echter te maken van afwijkende uitkomsten, dan geeft de isoproduktenfiguur ons toch wel een beter inzicht.

Het is gewenst dat er meer technische gegevens ter beschikking komen, zodat wij over verschillende jaren van hetzelfde gewas op dezelfde grond de uitkomsten kunnen bekijken. Ook op andere bodemtypen is het belangrijk het economisch optimale niveau van bemesting bij verschillende gewassen te bepalen.

Prijswijzigingen kunnen zich voordoen bij de kunstmeststoffen en bij de landbouwprodukten. Dit betekent dat dan niet alleen de expansiepaden van plaats en vorm kunnen veranderen, doch ook het economisch optimale punt op het expansiepad.

De prijs van kali is na 1948 praktisch even hoog gebleven; de fosfaat is regelmatig in prijs gestegen met een uitschieter in 1952. Van 1948 tot 1952 is de stikstofprijs trapsgewijze naar boven gegaan, maar bleef daarna praktisch constant (figuur 14). Hieruit volgt dat de prijswijzigingen verschillend zijn geweest en dientengevolge ook de loop van de isotimen. De prijs van tarwe is na de oorlog vrij regelmatig gestegen. Deze gegevens zijn verwerkt in de isoproduktfiguren van wintertarwe, verbouwd in 1943, en van zomertarwe, verbouwd in 1946 (bijlage 5, 6, 9 en 10). Hieruit blijkt dat het economisch optimale niveau praktisch niet is beïnvloed door de prijzen van de kunstmeststoffen en tarwe over de jaren 1939 en 1948 t/m 1958.

Bij de aardappelbemestingsproef hebben wij met twee variabelen te maken, te weten stikstof en fosfaat. De kalibemesting is nl. op alle veldjes 300 kg K_2O per ha geweest. De ver-

bouwde aardappelen behoren tot de rassen Voran en Noordeling. De resultaten ten aanzien van de zetmeelproduktie zijn vermeld op blz. 66. Het economisch optimale niveau is in geen van de vier gevallen bereikt. Gaan wij uit van de aardappel-opbrengst, dan blijkt dat in één geval (bij Voran) bij benadering het economisch optimale traject van bemesting kan worden aangegeven. De resultaten zijn puntsgewijze beschreven op blz. 68.

Tenslotte is in § 3 van hoofdstuk IV een overzicht opgesteld van de geldelijke opbrengst bij de verschillende produktierichtingen, waarvoor Voran en Noordeling kunnen worden bestemd. Ten aanzien van de zetmeelopbrengst is de economisch optimale produktie van twee kanten benaderd, te weten: uitgaande van de aardappelisoproduktcurven en van de zetmeelisoproduktcurven. Het zetmeelgehalte varieert namelijk niet alleen bij de rassen, doch ook bij verschillende bemestingen. Wij kunnen dus verschillende uitkomsten verwachten, doch het verschil blijkt niet groot te zijn. Het werken met de zetmeelisoproduktcurven is hier theoretisch gezien juister.

CONCLUSIES

Uit een aantal proefveldgegevens is langs verschillende wegen getracht enig inzicht te verkrijgen omtrent de meest gunstige combinaties van de stikstof-, fosfaat- en kalibemesting op zomer- en wintertarwe, rogge en voederbieten, verbouwd op slempige zavel.

Het economisch optimale niveau van bemesting van wintertarwe, geteeld in 1943, ligt bij 120 kg N, 40 kg P_2O_5 en 140 kg K_2O /ha met een opbrengst van 4900 kg/ha. Bij zomertarwe, geteeld in 1946, is dit 90 kg N, 25 kg P_2O_5 en 60 kg K_2O /ha met een opbrengst van 3850 kg/ha.

De prijswijzigingen van kunstmeststoffen en tarwe over de jaren 1939 en 1948 t/m 1958 hebben praktisch geen invloed op de grootte van de economisch optimale bemesting over de jaren 1939 en 1948 t/m 1958.

Een belangrijke conclusie is tevens dat het economisch optimale punt van bemesting niet steeds kan worden bepaald. Dit constateren wij o.a. bij zomertarwe, verbouwd in 1941, omdat er te weinig fosfaat ter beschikking van de plant stond.

Eveneens gaven de isoproductiecurven van voederbieten en rogge moeilijkheden bij de bepaling van het economische optimum.

Geconcludeerd kan worden, dat bij het bemestingsschema voor toekomstige proeven rekening dient te worden gehouden met het volgende:

- a. de betekenis van de laagste stikstoftrap ($N_1 = 30-40$ kg N/ha bij de granen) is voor het economische onderzoek niet groot;
- b. ieder jaar is voor de granen een fosfaatbemesting gewenst van ongeveer 20, 40, 60 en 80 kg P_2O_5 /ha;
- c. het is bij de granen gewenst de vier kaligiften te verdelen over het traject van 20 tot 200 kg K_2O /ha.

Uit de gegevens van een aardappelproefveld is getracht het economisch optimale punt van bemesting bij aardappelen, verbouwd op ontginningsgrond, te bepalen. De trajecten van bemesting waren te beperkt om het economisch optimale punt van bemesting aan te geven. Bij volgende proeven dienen op deze jonge grond relatief hoge fosfaattrappen in het bemestingsschema te worden opgenomen.

Het langs grafische weg bepalen van het economisch optimale punt van bemesting, eventueel het vinden van genoemd punt rechtstreeks uit de zogenaamde opbrengsttabellen is niet bevredigend. Het verdient overweging meer-dimensionale opbrengstfuncties in algebraïsche vorm vast te stellen. Met behulp van deze functies kan sneller en nauwkeuriger het economische optimum worden bepaald.

DE OPPERENGST IN Q/HA BIJ VERSCHILLENDE COMBINATIES VAN N, P₂O₅ EN K₂O
IN 1941, 1942, 1943, 1944 EN 1946

Kunstmest-combinatie	Z-tarwe 1941			V-bieten 1942	W-tarwe 1943			Rogge 1944	Z-tarwe 1946							
	N	P	K		N	P	K		N	P	K					
1	1	1	1	34,3	525	32,5	33,4	22,8	3	1	1	35,8	395	36,4	32,0	26,6
1	1	1	2	34,6	387	34,5	34,9	27,0	3	1	2	36,4	422	38,0	33,1	28,0
1	1	1	3	34,4	340	34,3	31,6	28,3	3	1	3	36,8	445	39,7	33,3	29,1
1	1	1	4	34,2	412	32,0	30,5	22,4	3	1	4	36,4	455	36,6	33,3	28,7
1	2	2	1	36,2	590	36,2	38,3	32,3	3	2	1	38,6	525	40,5	35,9	33,7
1	2	2	2	36,5	530	37,2	38,3	33,8	3	2	2	39,2	590	44,0	39,1	38,2
1	2	2	3	35,8	545	40,0	37,8	34,6	3	2	3	38,8	630	46,7	39,3	38,6
1	2	2	4	34,9	600	38,7	34,7	35,8	3	2	4	38,1	665	44,0	38,9	38,5
1	3	3	1	38,7	625	32,0	41,2	26,0	3	3	1	41,0	580	35,6	37,8	32,8
1	3	3	2	39,8	580	33,7	39,4	30,0	3	3	2	42,3	635	42,2	39,8	37,0
1	3	3	3	37,1	595	35,2	38,4	32,3	3	3	3	41,5	680	47,5	40,5	37,4
1	3	3	4	34,6	675	33,7	34,5	30,0	3	3	4	40,8	725	46,1	41,0	35,8
2	1	1	1	35,1	383	38,1	33,1	25,3	4	1	1	36,2	455	32,4	31,8	24,3
2	1	1	2	35,6	380	38,3	35,1	27,7	4	1	2	37,0	470	35,7	32,1	26,5
2	1	1	3	35,7	390	38,8	33,1	28,9	4	1	3	37,6	480	38,0	33,0	28,3
2	1	1	4	35,5	455	35,2	32,1	25,8	4	1	4	37,2	485	38,0	34,2	30,5
2	2	2	1	37,6	535	38,7	37,1	33,5	4	2	1	39,5	525	40,2	34,6	34,3
2	2	2	2	38,0	575	41,0	39,1	36,7	4	2	2	40,0	595	44,2	38,1	39,2
2	2	2	3	37,6	625	44,2	39,2	36,9	4	2	3	39,7	635	48,0	39,2	39,5
2	2	2	4	36,8	655	42,3	36,8	37,4	4	2	4	39,1	665	45,0	40,9	39,3
2	3	3	1	40,1	583	34,0	39,5	29,5	4	3	1	41,7	573	36,5	36,2	36,1
2	3	3	2	41,5	620	38,1	40,2	33,5	4	3	2	42,6	630	44,6	39,0	40,6
2	3	3	3	40,2	665	42,5	39,6	34,8	4	3	3	42,3	690	48,5	41,3	40,1
2	3	3	4	39,6	715	41,7	37,8	33,2	4	3	4	41,7	745	48,0	44,4	37,6

1) N.B. Dezelfde combinaties van N, P₂O₅ en K₂O stellen in verschillende jaren verschillende hoeveelheden voor. Zie tabel 6.

Bijlage II

DE BEREKENINGEN TER BEPALING VAN HET ECONOMISCH OPTIMALE NIVEAU VAN BEMESTING
GRANEN- EN VOEDERBIETENPROJECT

Opbrengst- verschuiving q/ha	Meer- opbrengst gld./ha 1)	Bemesting bij de lage en hoge op- brengst, kg/ha	Meerkosten van de bemesting gld./ha	Verschil meeropbr. meerkosten	Meerkosten in % meeropbr.
Bijlage 1 - 1941 - zomertarwe N ₃ PK					
41 - 42		P ₂ O ₅ 63 - 81	18 x 0,73 = 13,14		
		K ₂ O 25 - 34	9 x 0,34 = 3,06		
	26,85		16,20	10,65	60 %
Bijlage 2 - 1941 - zomertarwe NPK ₂					
41 - 42		N 48 - 50	2 x 0,93 = 1,86		
		P ₂ O ₅ 77 - 96	19 x 0,73 = 13,87		
	26,85		15,73	11,12	59 %
Bijlage 5 - 1943 - wintertarwe N ₄ PK					
48 - 49		P ₂ O ₅ 39 - 40	1 x 0,73 = 0,73		
		K ₂ O 114 - 142	28 x 0,34 = 9,52		
	26,85		10,25	16,60	38 %
Bijlage 6 - 1943 - wintertarwe NPK ₃					
48 - 49		N 100 - 120	20 x 0,93 = ± 18,60		
		P ₂ O ₅ 38 - 40	2 x 0,73 = ± 1,46		
	26,85		± 20,06	± 6,79	± 75 %
Bijlage 9 - 1946 - zomertarwe N ₃ PK					
38 - 38 $\frac{1}{2}$		P ₂ O ₅ 23 - 27	4 x 0,73 = 2,92		
		K ₂ O 49 - 61	12 x 0,34 = 4,08		
	13,42		7,-	6,42	52 %
Bijlage 10 - 1946 - zomertarwe NPK ₃					
39 - 39 $\frac{1}{2}$		N 83 - 92	9 x 0,93 = 8,37		
		P ₂ O ₅ 33 - 36	3 x 0,73 = 2,19		
	13,42		10,56	2,86	79 %

N.B. Aan de absolute waarde mag geen grote betekenis worden gehecht. De vraag is hier alleen: is de meeropbrengst groter of kleiner dan de meerkosten en in welke mate is dit het geval?

1) De opbrengst van 1 quintaal tarwe is f. 26,85.

Bijlage III

DE VERBRUIKERSPRIJZEN VAN KUNSTMESTSTOFFEN FRANCO BOERDERIJ
EN DE TELERSPRIJS VAN TARWE AF- BOERDERIJ, BEIDE OVER DE JAREN 1939 EN
1948 t/m 1958
Jaarprijzen

Jaar	Prijzen in guldens van:						
	100 kg kas(20 $\frac{1}{2}$ %)	per kg stikstof	100 kg super	per kg fosfaat	100 kg K-40	per kg kali	100 kg tarwe
1939	6,20	0,30	2,50	0,13	4,50	0,11 $\frac{1}{2}$	11,-
(47) - 48	14,75	0,72	7,80	0,43	13,05	0,33	21,- 1)
(48) - 49	14,70	0,72	7,75	0,43	13,10	0,33	21,50 1)
(49) - 50	16,65	0,81	8,55	0,47	13,10	0,33	22,25
(50) - 51	16,90	0,82	9,25	0,51	12,65	0,32	23,50
(51) - 52	18,50	0,90	13,80	0,77	12,65	0,32	25,40
(52) - 53	18,45	0,90	10,75	0,60	13,-	0,32	25,65
(53) - 54	18,50	0,90	11,10	0,62	13,10	0,33	25,45
(54) - 55	18,60	0,91	11,40	0,63	13,10	0,33	25,15
(55) - 56	18,60	0,91	11,70	0,65	13,10	0,33	26,25
(56) - 57	18,80	0,92	12,70	0,71	13,20	0,33	27,35
(57) - 58	19,70	0,96	13,20	0,73	13,40	0,33	29,20 2)

1) richtprijs.

2) garantieprijs.

Bijlage IV

HET AANTAL KG VAN EEN ZUIVERE KUNSTMESTSTOF, DAT IN GELDWAARDE
OVEREENSTEMT MET 100 KG VAN EEN ANDERE MESTSTOF OVER DE JAREN
1939 en 1948 t/m 1958

Jaar	100 kg N $\frac{1}{2}$..kg P $\frac{1}{2}$ O $\frac{5}{2}$	100 kg N $\frac{1}{2}$..kg K $\frac{1}{2}$ O	100 kg P $\frac{1}{2}$ O $\frac{5}{2}$..kg K $\frac{1}{2}$ O $\frac{2}{2}$ O $\frac{5}{2}$
1939	231	267	116
(47) - 48	166	221	133
(48) - 49	166	219	132
(49) - 50	171	248	145
(50) - 51	160	261	163
(51) - 52	118	285	243
(52) - 53	151	277	184
(53) - 54	146	276	189
(54) - 55	143	277	194
(55) - 56	140	277	199
(56) - 57	130	278	214
(57) - 58	131	286	219

DE OPBRENGST AAN AARDAPPELEN EN ZETMEEL (Q/HA)
BIJ VERSCHILLENDE KUNSTMESTCOMBINATIES

Pr. 965 - 1949

Kunstmest- combinatie	Aardappelopbrengst		Zetmeelopbrengst	
	Voran	Noordeling	Voran	Noordeling
N ^{za} /ks P	q/ha	q/ha	q/ha	q/ha
1 - 1	141	73	19,5	12,4
2 za 1	192	96	28,1	16,7
3 " 1	174	112	25,3	20,6
4 " 1	270	110	39,6	19,4
5 " 1	233	116	40,-	21,1
2 ks 1	177	89	26,5	15,4
3 " 1	246	127	37,7	22,7
4 " 1	306	147	47,3	27,3
5 " 1	255	114	38,9	21,-
1 - 2	132	80	19,1	14,3
2 za 2	269	164	37,1	28,8
3 " 2	348	179	50,8	31,6
4 " 2	381	192	58,2	35,6
5 " 2	378	239	56,6	44,7
2 ks 2	242	156	35,6	27,7
3 " 2	353	201	54,2	37,1
4 " 2	362	189	56,4	34,6
5 " 2	407	221	64,-	41,5
1 - 3	97	64	14,3	11,6
2 za 3	282	212	41,4	40,9
3 " 3	407	254	63,1	47,9
4 " 3	428	292	71,4	57,7
5 " 3	482	327	72,3	65,-
2 ks 3	331	229	49,9	43,2
3 " 3	467	289	78,7	55,8
4 " 3	492	307	81,6	59,5
5 " 3	516	342	86,7	65,-

N₁ = 0 kg N/ha

N₂ = 50 " "

N₃ = 100 " "

N₄ = 200 " "

N₅ = 300 " "

P₁ = 0 kg P₂O₅/ha

P₂ = 100 " "

P₃ = 300 " "

Bijlage VI

HET VERSCHIL TUSSEN MEEROPBRENGST EN MEERKOSTEN BIJ DE PRODUKTIE VAN ZETMEEL

Pr. 965 - 1949

Opbrengst- verschuiving q/ha	Meeropbrengst in guldens/ha	Bemesting bij de lage en hoge op- brengst in kg/ha	Meerkosten v.d. bemesting in guldens/ha	Vershil meeropbrengst en meerkosten over een niveau van	Meerkosten in % v.d. meeropbrengst over een niveau van
				5 q/ha	5 q/ha en 1 q/ha
zetmeel - Voran - ks, bijlage 11					
50 - 55		N : 82 - 83 P ₂₀₅ : 99 - 133	1 x 1,16 = 1,16 34 x 0,73 = 24,82 25,98	f. 154,02	14 %
78 - 79	5 x 36 = 180,- 1 x 36 = 36,-	N : 92 - 92 P ₂₀₅ : 308 - 314	- 6 x 0,73 = 4,38 4,38	f. 31,62	12 %
zetmeel - Voran - za, bijlage 12					
50 - 55		N : 103 - 116 P ₂₀₅ : 90 - 121	13 x 0,95 = 12,35 31 x 0,73 = 22,63 34,98	f. 145,02	19 %
69 - 70	5 x 36 = 180,- 1 x 36 = 36,-	N : 170 - 177 P ₂₀₅ : 264 - 288	7 x 0,95 = 6,65 24 x 0,73 = 17,52 24,17	f. 11,83	67 %
zetmeel - Noordeling - ks, bijlage 13					
50 - 55		N : 105 - 117 P ₂₀₅ : 217 - 256	12 x 1,16 = 13,92 39 x 0,73 = 28,47 42,39	f. 137,61	24 %
59 - 60	5 x 36 = 180,- 1 x 36 = 36,-	N : 136 - 144 P ₂₀₅ : 290 - 299	8 x 1,16 = 9,28 9 x 0,73 = 6,57 15,85	f. 20,15	44 %
zetmeel - Noordeling - za, bijlage 14					
50 - 55		N : 132 - 158 P ₂₀₅ : 278 - 312	26 x 0,95 = 24,70 34 x 0,73 = 24,82 49,52	f. 130,48	28 %
59 - 60	5 x 36 = 180,- 1 x 36 = 36,-	N : 183 - 191 P ₂₀₅ : 339 - 346	8 x 0,95 = 7,60 7 x 0,73 = 5,11 12,71	f. 23,29	35 %

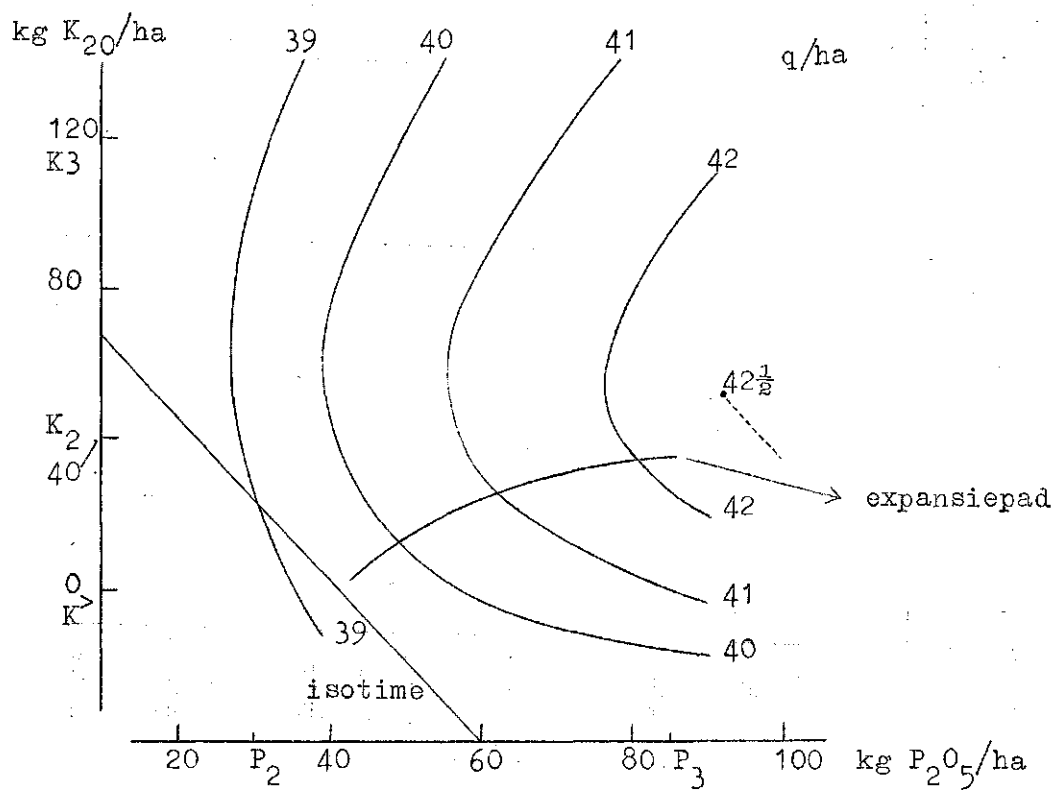
HET VERSCHIL TUSSEN MEEROPBRENGST EN MEERKOSTEN BIJ DE PRODUKTIE VAN AARDAPPELEN

Pr. 965 - 1949

Opbrengst- verschuiving q/ha	Meeropbrengst in guldens/ha	Bemesting bij de lage en hoge op- brengst in kg/ha	Meerkosten van de bemesting in guldens/ha	Verschil meeropbrengst en meerkosten over een niveau van		Meerkosten in % van de meeropbrengst over een niveau van	
				50 q/ha	en 10 q/ha	50 q/ha	en 10 q/ha
Aardappelen - Voran - ks, bijlage 15							
250 - 300		N : 84 - 100 P ₂₀₅ : 30 - 63	16 x 1,16 = 18,56 33 x 0,73 = 24,09 42,65				
470 - 480	50x3,10= 155,- 10x3,10= 31,-	N : 120 - 121 P ₂₀₅ : 308 - 329	1 x 1,16 = 1,16 21 x 0,73 = 15,33 16,49	f. 112,35	f. 14,51	28 %	53 %
Aardappelen - Voran - za, bijlage 16							
250 - 300		N : 68 - 82 P ₂₀₅ : 46 - 74	14 x 0,95 = 13,30 28 x 0,73 = 20,44 33,77				
430 - 480	50x3,10= 155,-	N : 211 - 306 P ₂₀₅ : 187 - 257	95 x 0,95 = 90,25 70 x 0,73 = 51,10 141,35	f. 121,26		22 %	
470 - 480	50x3,10= 155,- 10x3,10= 31,-	N : 286 - 306 P ₂₀₅ : 231 - 257	20 x 0,95 = 19,- 26 x 0,73 = 18,98 37,98	f. 13,65	-f. 6,98	91 %	123 %
Aardappelen - Noordeling - ks, bijlage 17							
250 - 300		N : 87 - 94 P ₂₀₅ : 226 - 330	7 x 1,16 = 8,12 104 x 0,73 = 75,92 84,04				
290 - 300	50x3,10= 155,- 10x3,10= 31,-	N : 93 - 94 P ₂₀₅ : 309 - 330	1 x 1,16 = 1,16 21 x 0,73 = 15,33 16,49	f. 70,96		54 %	
Aardappelen - Noordeling - za, bijlage 18							
220 - 270		N : 88 - 114 P ₂₀₅ : 216 - 330	26 x 0,95 = 24,70 114 x 0,73 = 83,22 107,92				
260 - 270	50x3,10= 155,- 10x3,10= 31,-	N : 110 - 114 P ₂₀₅ : 304 - 330	4 x 0,95 = 3,80 26 x 0,73 = 18,98 22,78	f. 47,08	f. 8,22	70 %	73 %

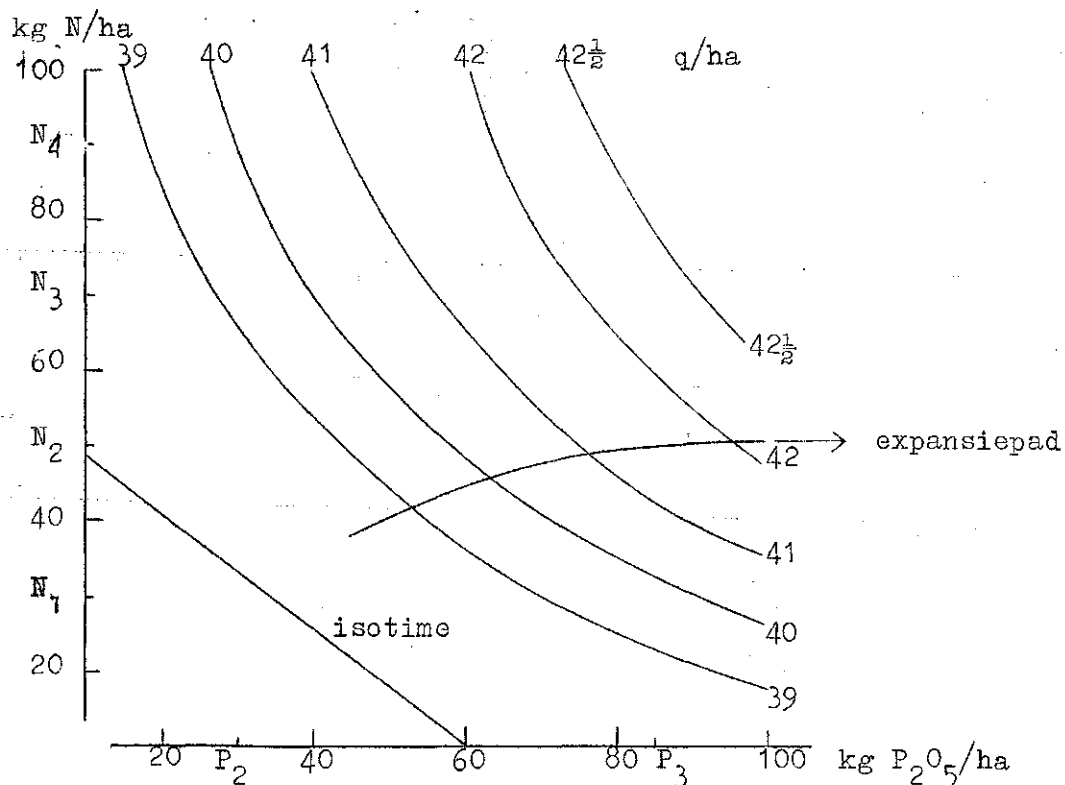
Bijlage 1

DE ISOPRODUKTCURVEN VAN ZOMERTARWE BIJ EEN BEMESTING
VAN 70 kg N/HA (N_3PK)
Pr. 578-1941



Bijlage 2

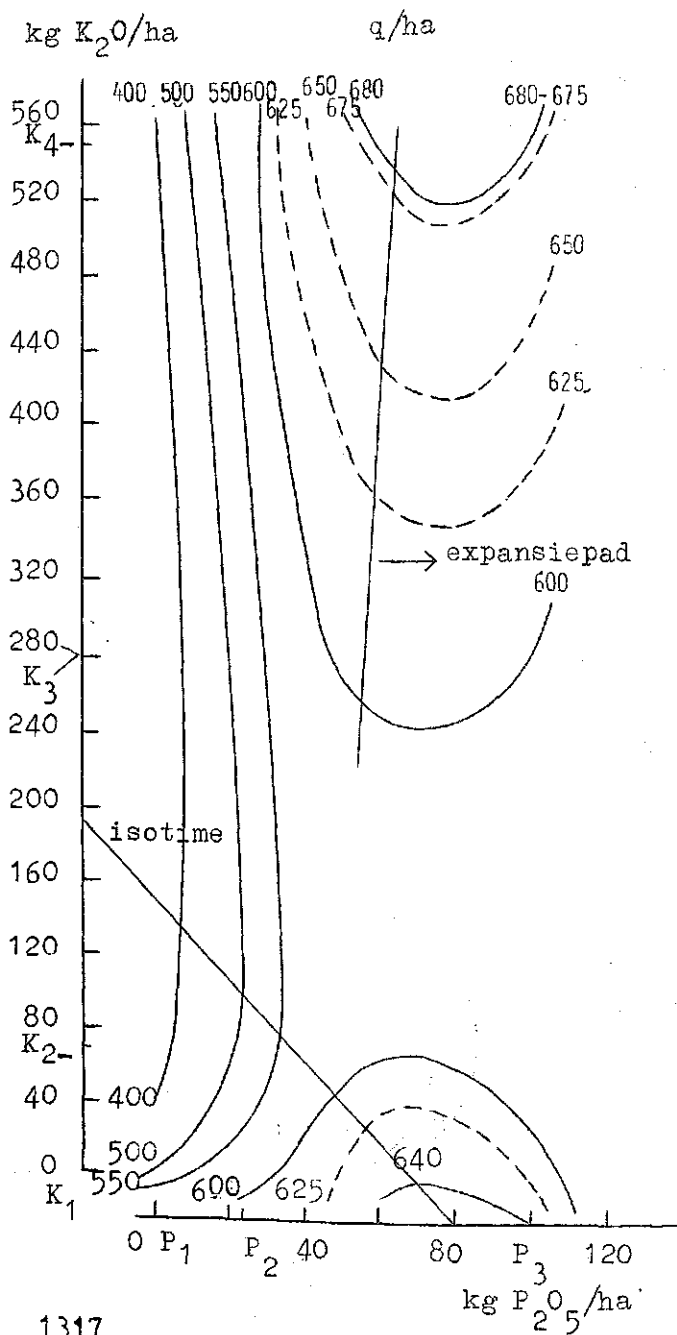
DE ISOPRODUKTCURVEN VAN ZOMERTARWE BIJ EEN BEMESTING
VAN 50 kg K_2O/HA (NPK_2)



Bijlage 3

DE ISOPRODUKTCURVEN VAN VOEDERBIETEN
BIJ EEN BEMESTING VAN 60 kg N/HA
(N₁PK)

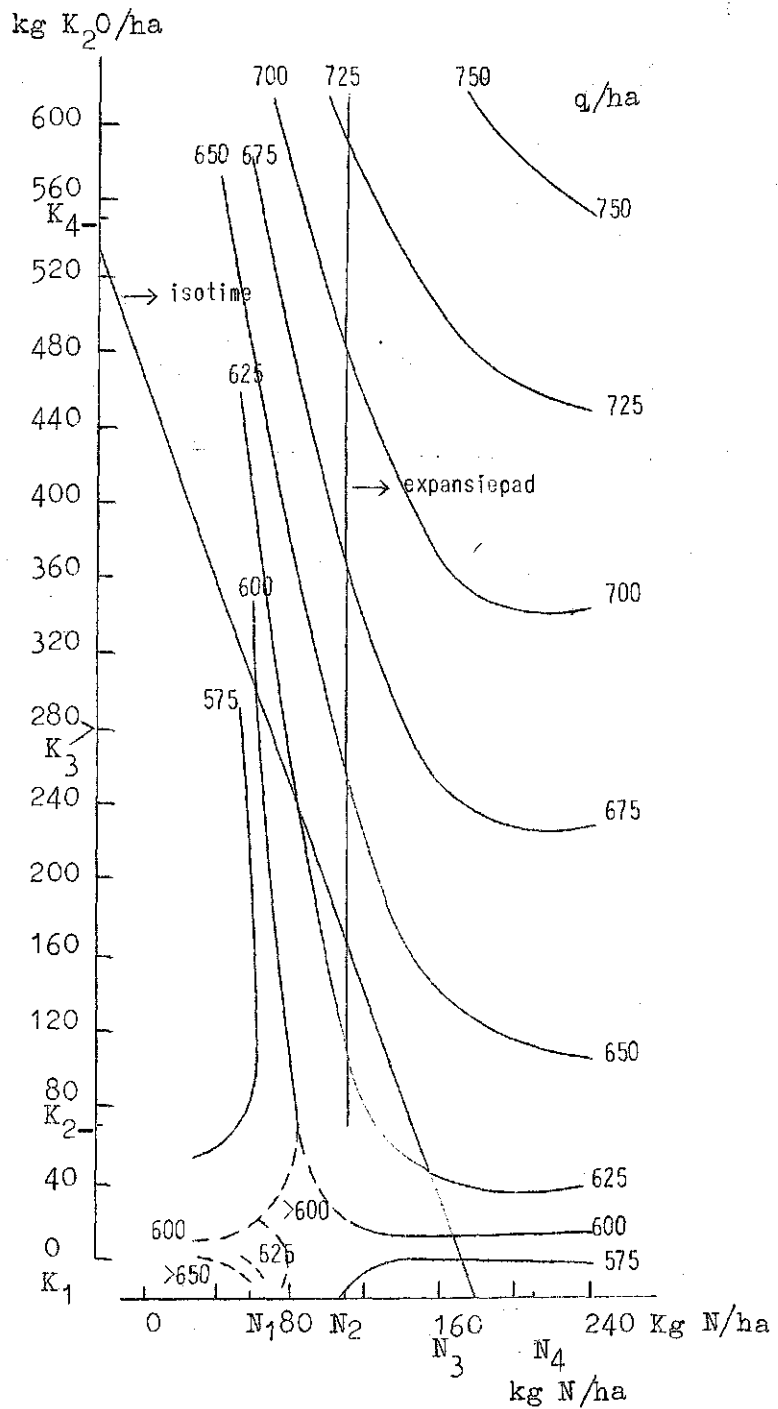
Pr. 578-1942



Bijlage 4

DE ISOPRODUKTCURVEN VAN VOEDERBIETEN
BIJ EEN BEMESTING VAN 100 kg P₂O₅/HA
(NP₃K)

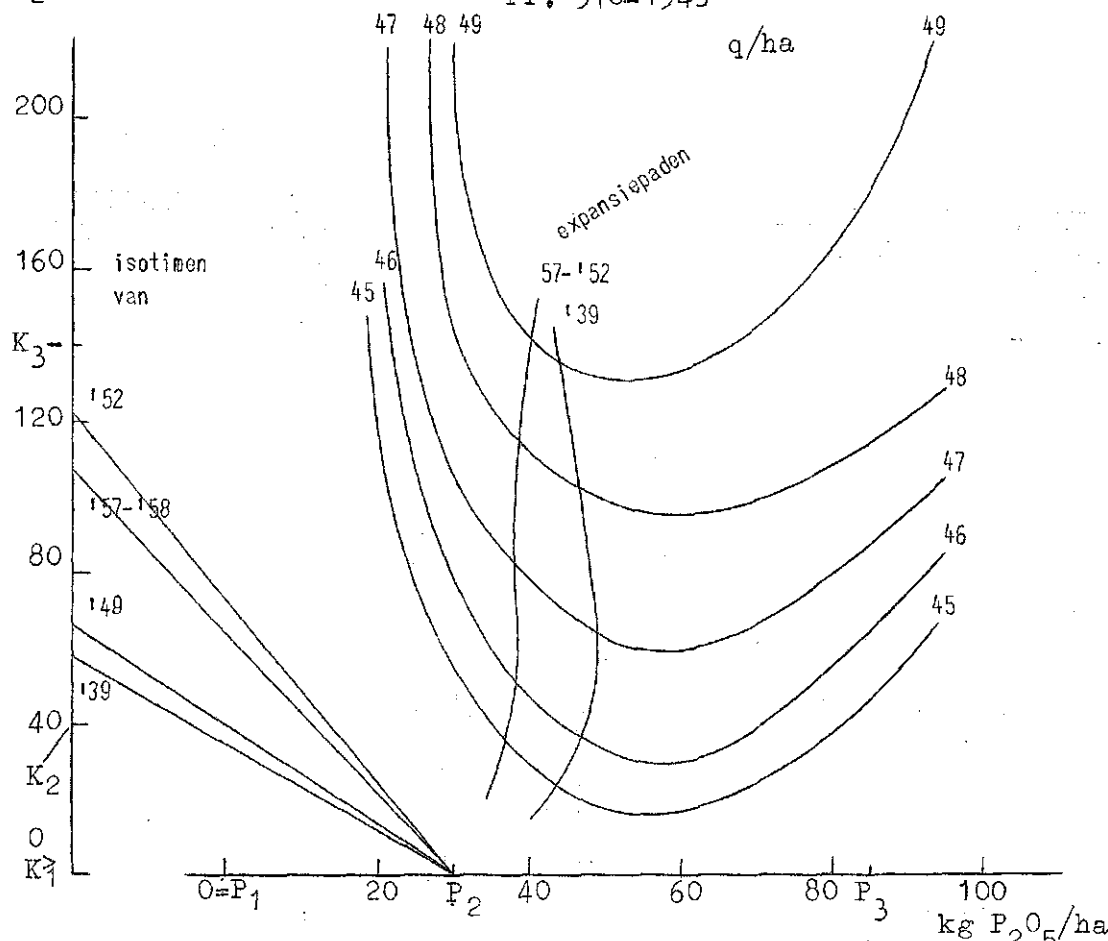
Pr. 578-1942



DE ISOPRODUKTCURVEN VAN WINTERTARWE BIJ EEN BEMESTING
VAN 130 kg N/HA (N_4PK)

kg K_2O /ha

Pr. 578-1943

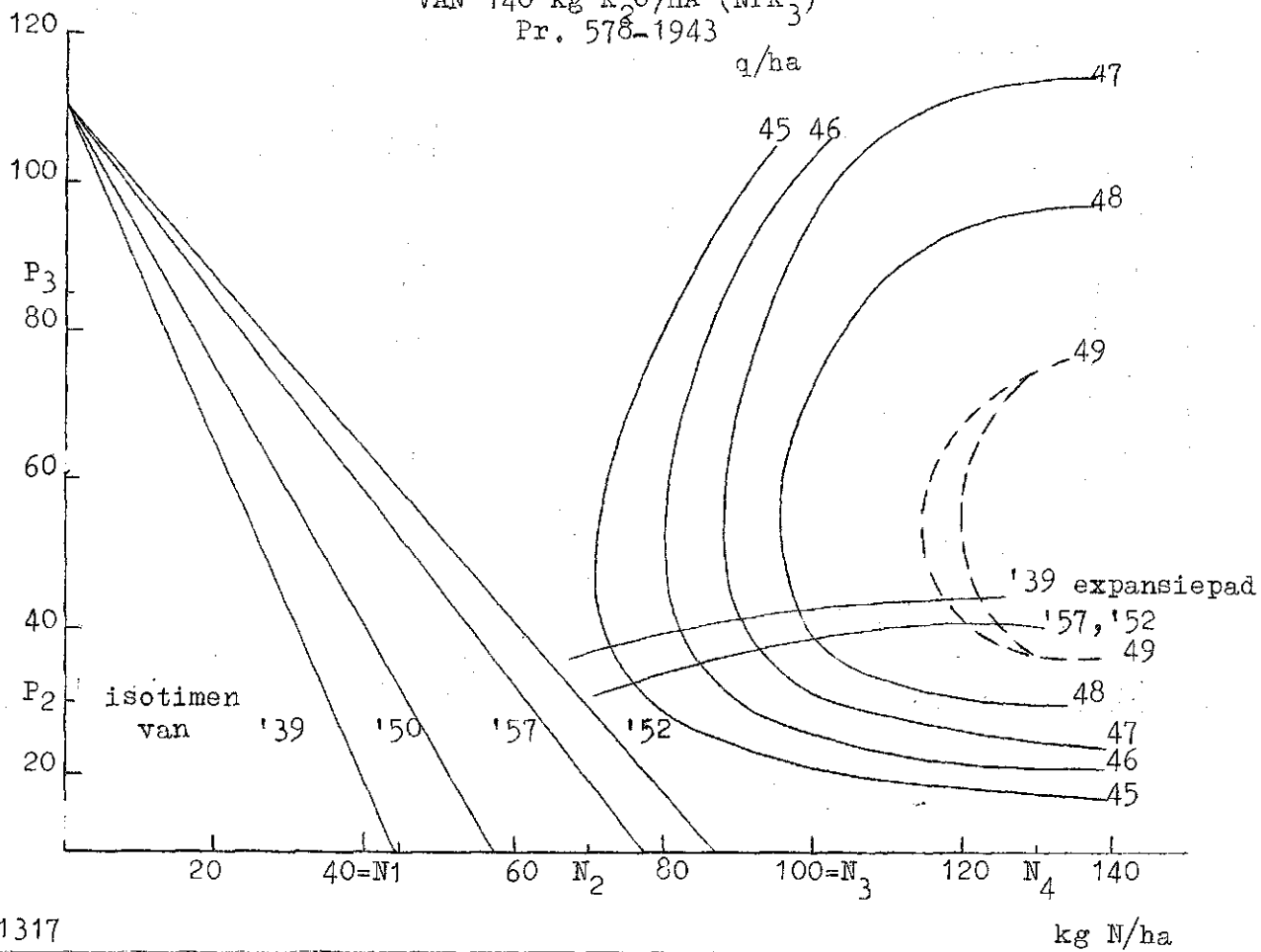


Bijlage 6

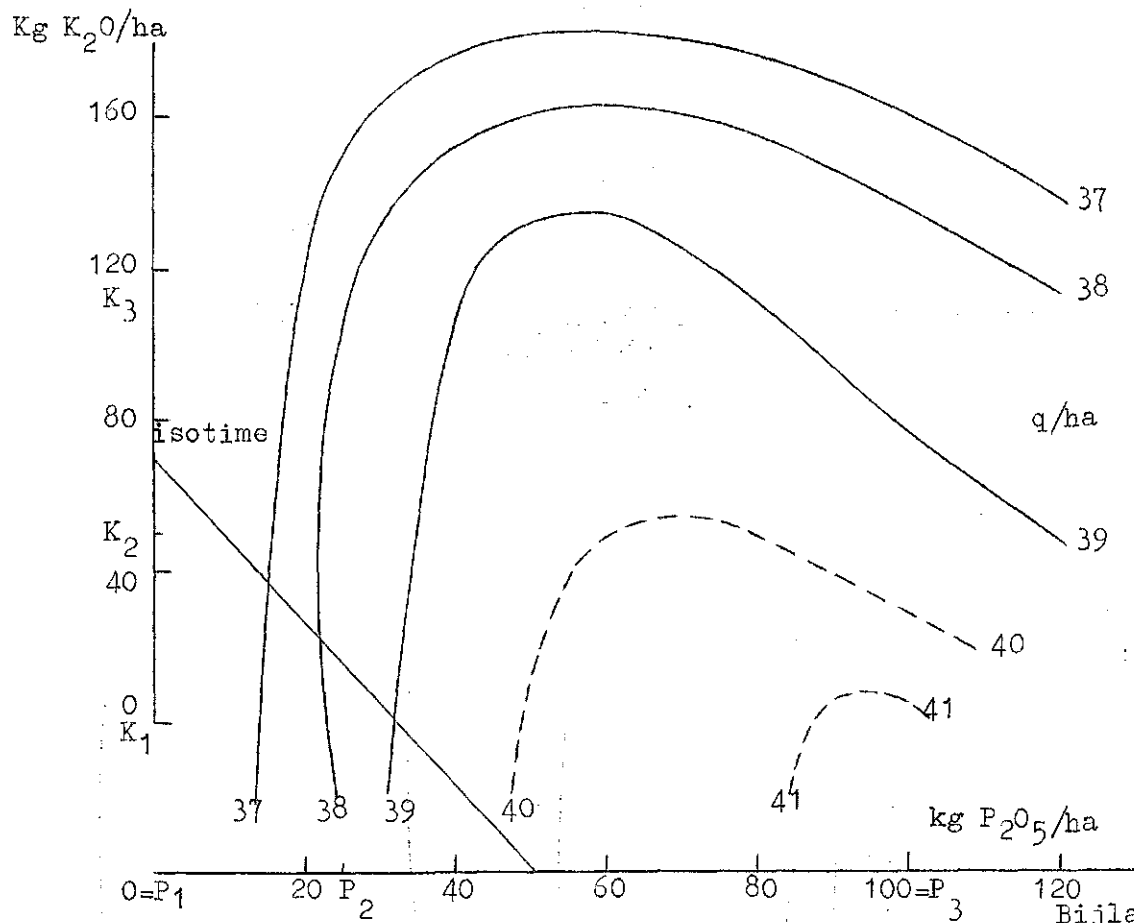
kg P_2O_5 /ha

DE ISOPRODUKTCURVEN VAN WINTERTARWE BIJ EEN BEMESTING
VAN 140 kg K_2O /HA (NPK_3)

Pr. 578-1943

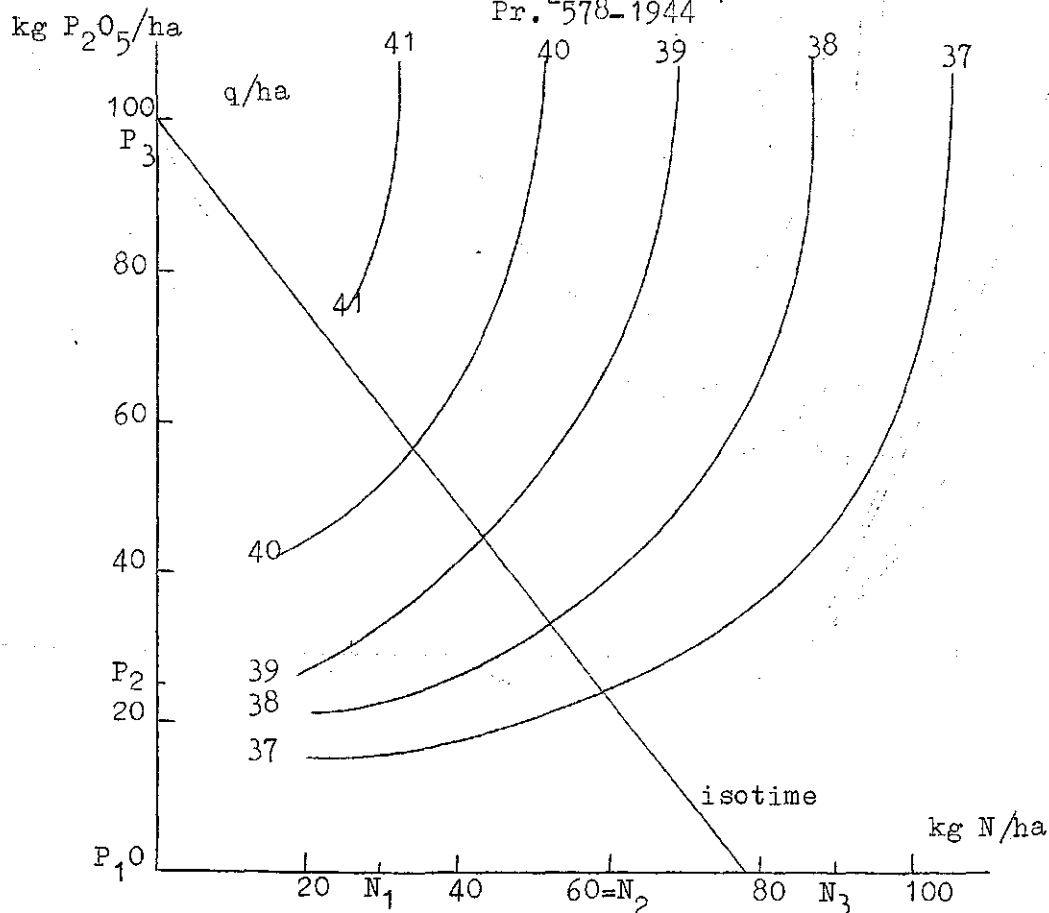


DE ISOPRODUKTCURVEN VAN ROGGE BIJ EEN BEMESTING
VAN 30 kg N/HA (N₁PK)
Pr. 589-1944



Bijlage 8

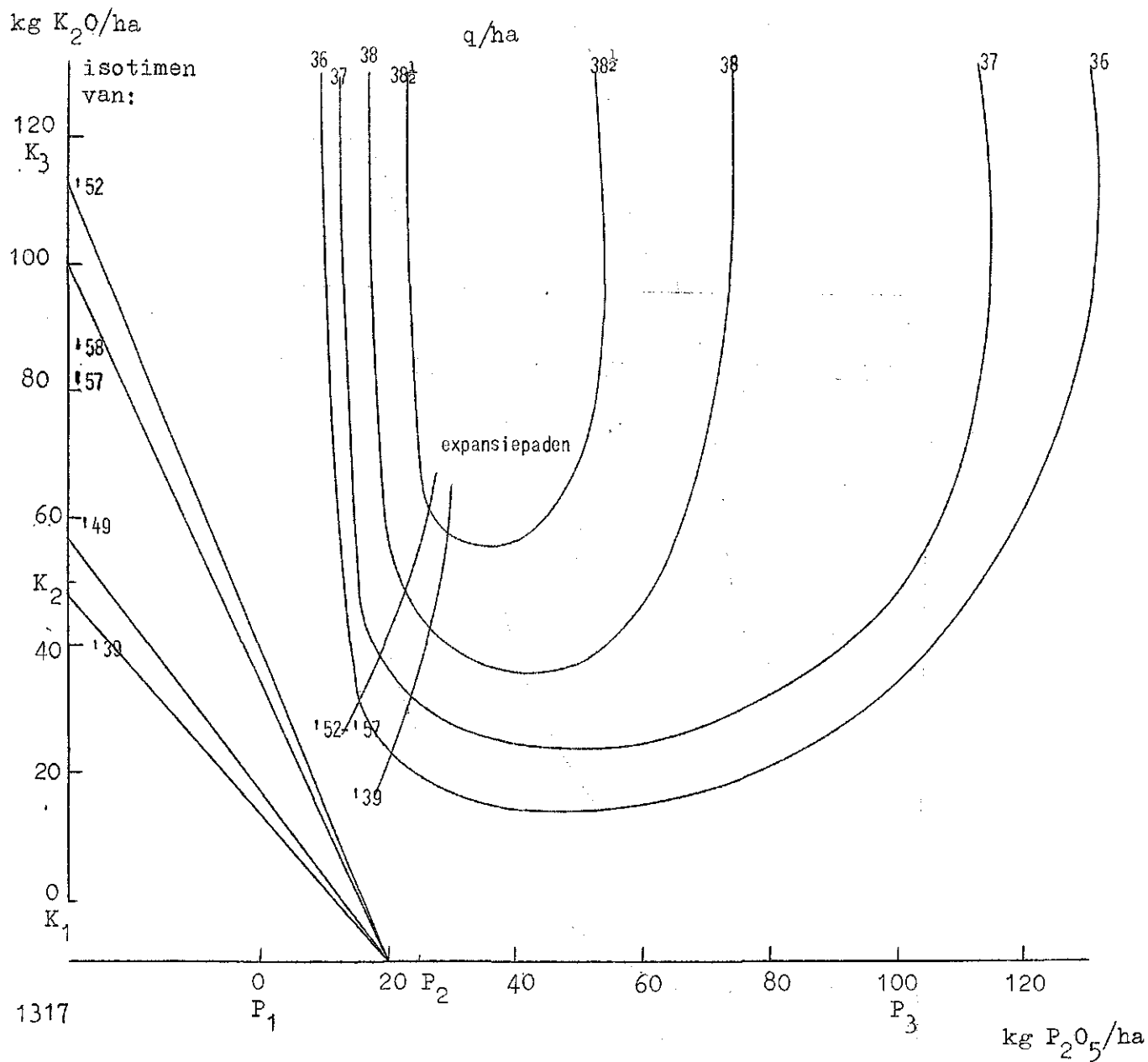
DE ISOPRODUKTCURVEN VAN ROGGE BIJ EEN BEMESTING
VAN 0 kg K₂O/HA (NPK₁)
Pr. 578-1944



Bijlage 9

DE ISOPRODUKTCURVEN VAN ZOMERTARWE BIJ EEN BEMESTING
VAN 90 kg N/HA (N_3PK)

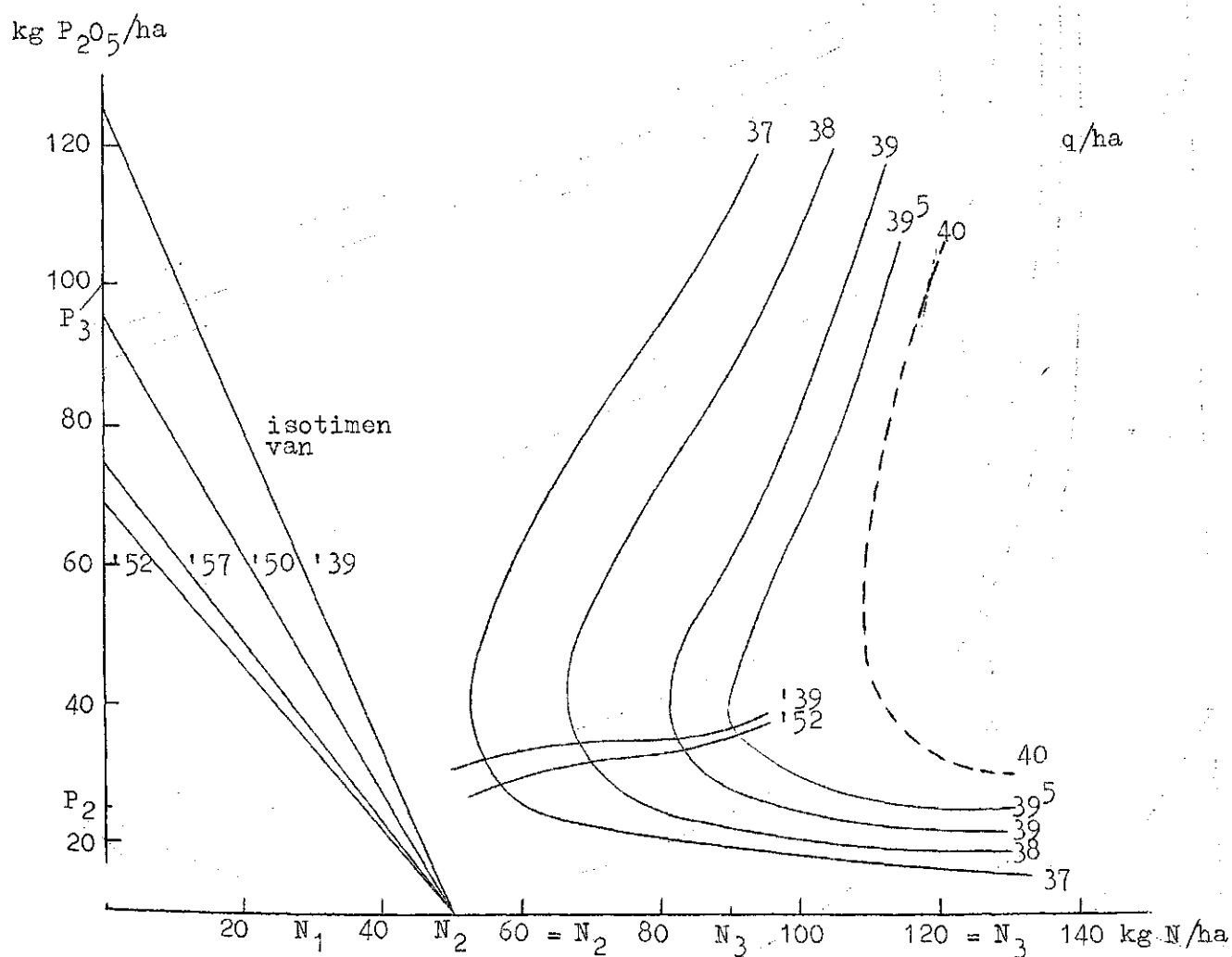
Pr. 578-1946



Bijlage 10

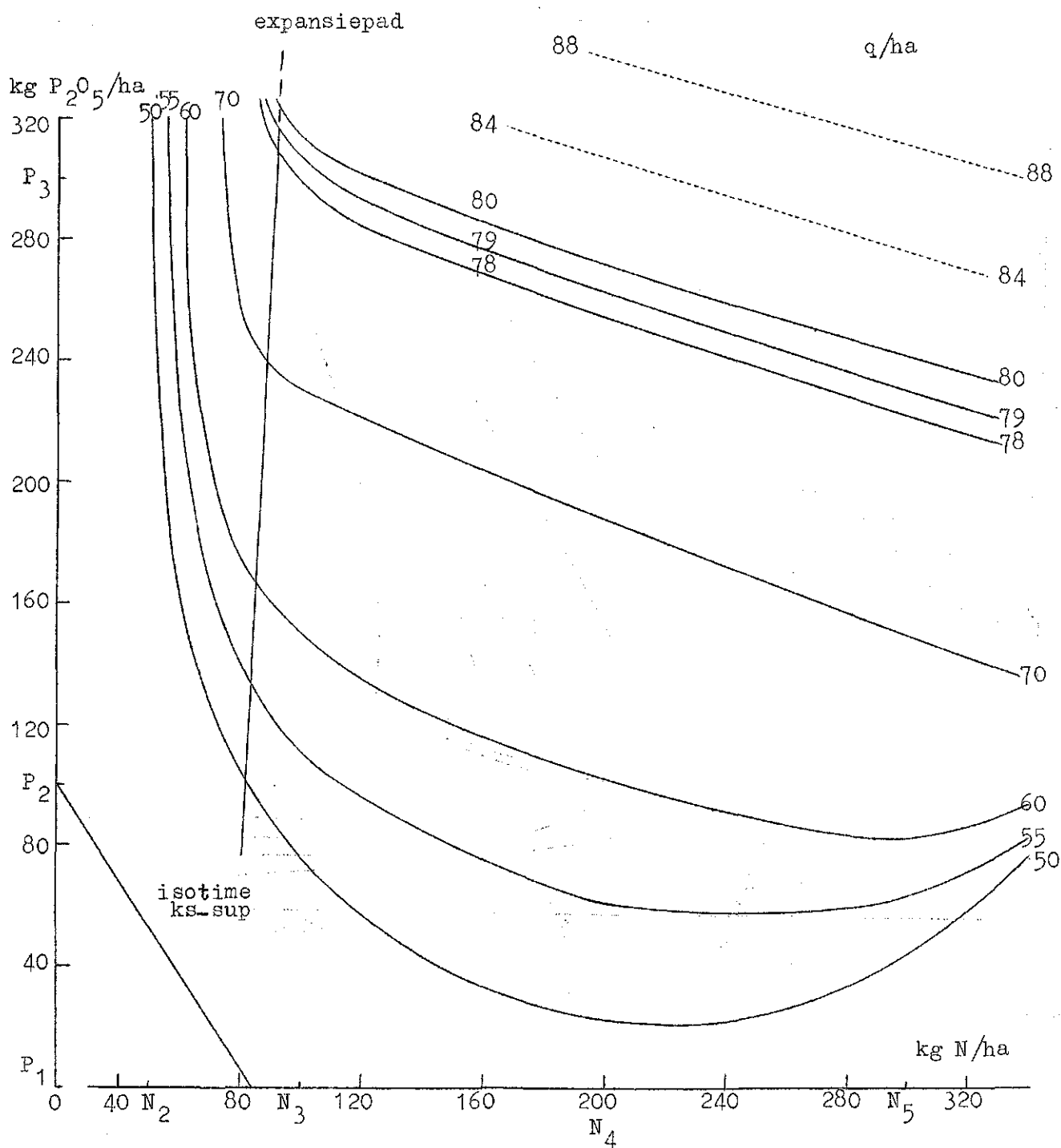
DE ISOPRODUKTCURVEN VAN ZOMERTARWE BIJ EEN BEMESTING
VAN 120 kg K_2O /HA (NPK_3)

Pr. 578-1946



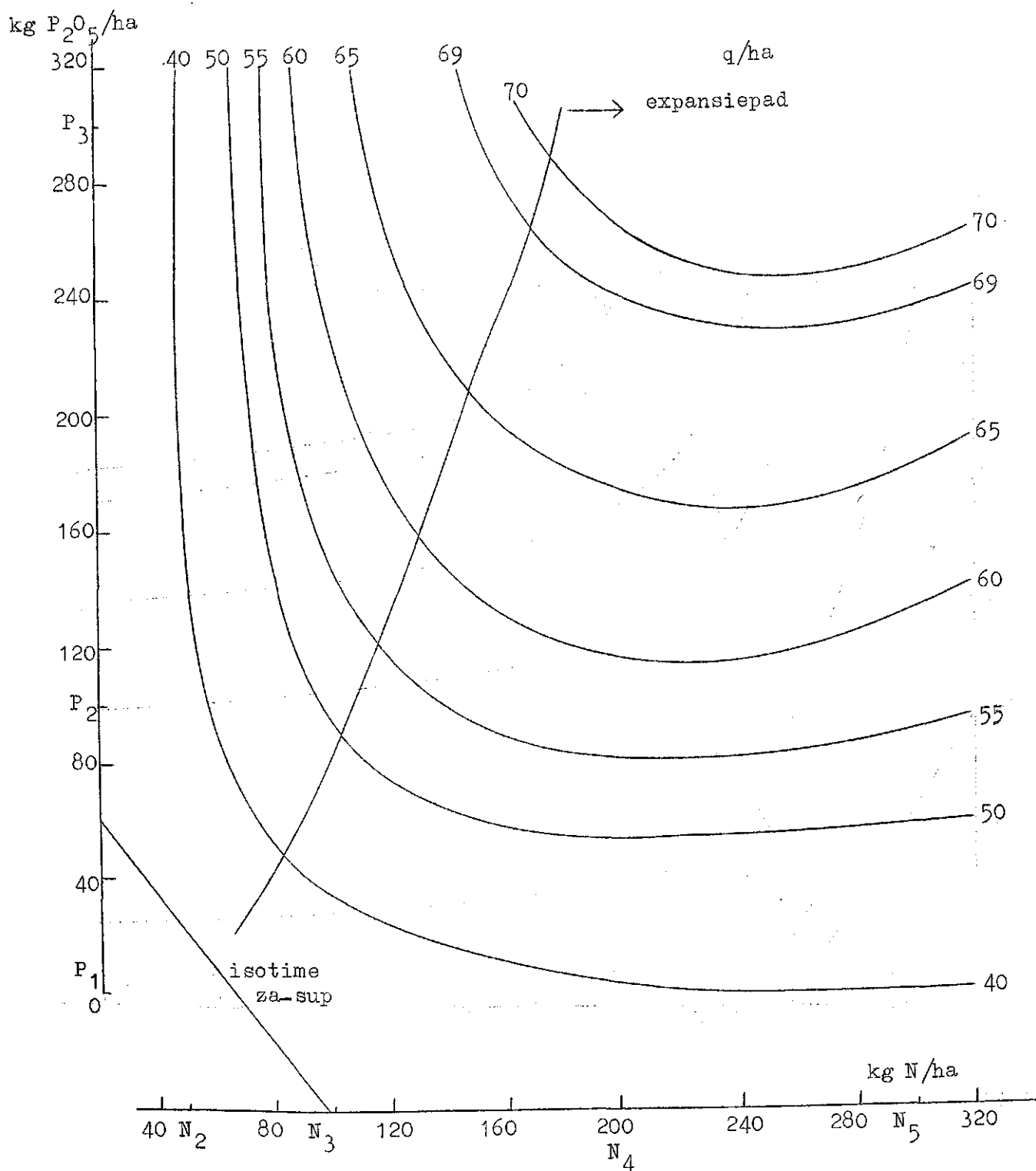
Bijlage 11

DE ISOPRODUKTCURVEN VAN DE ZETMEEL-OPBRENGST BIJ VORAN N-ks
Pr. 965



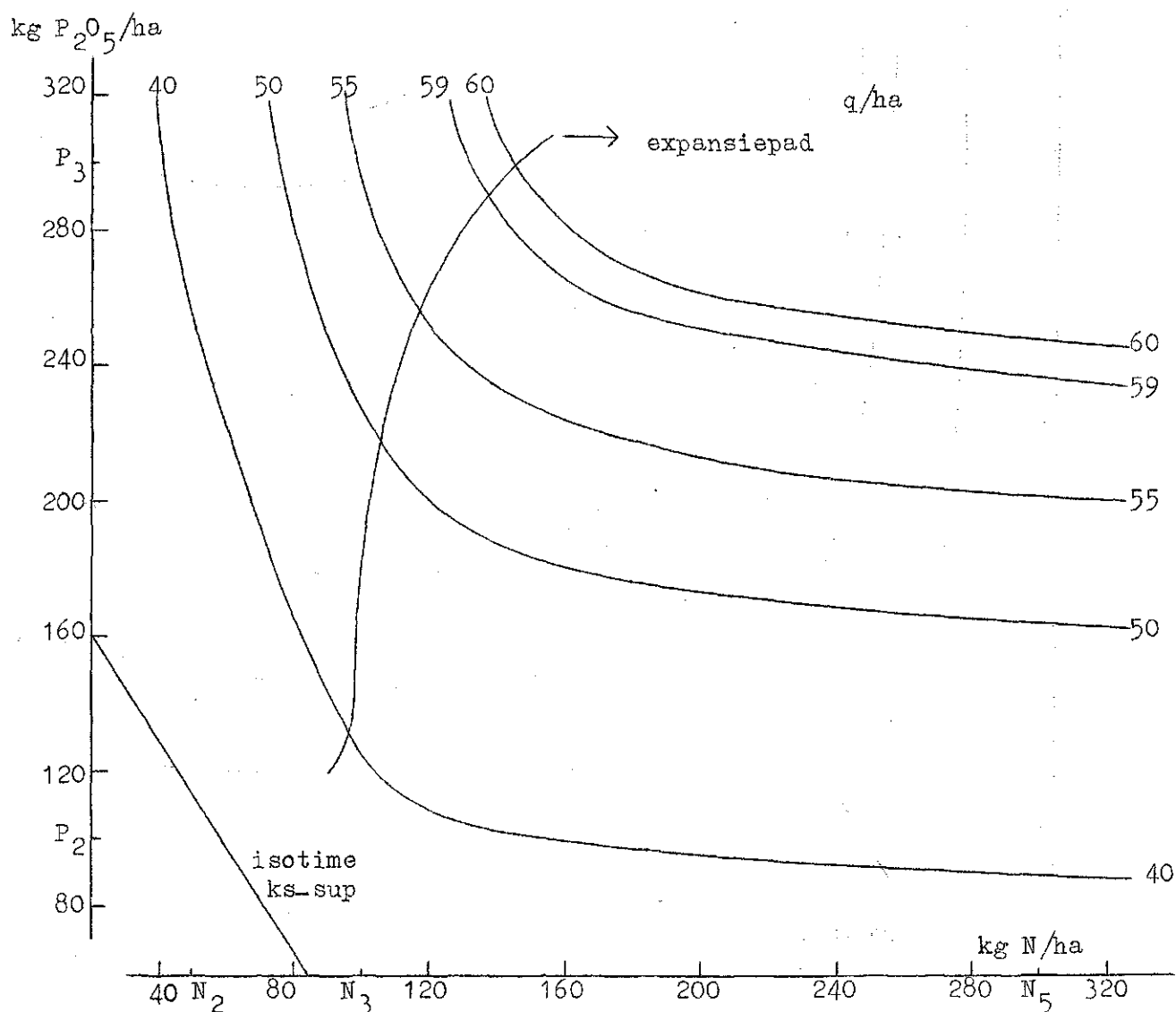
Bijlage 12

DE ISOPRODUKTCURVEN VAN DE ZETMEELOPBRENGST BIJ VORAN, N-za
Pr. 965



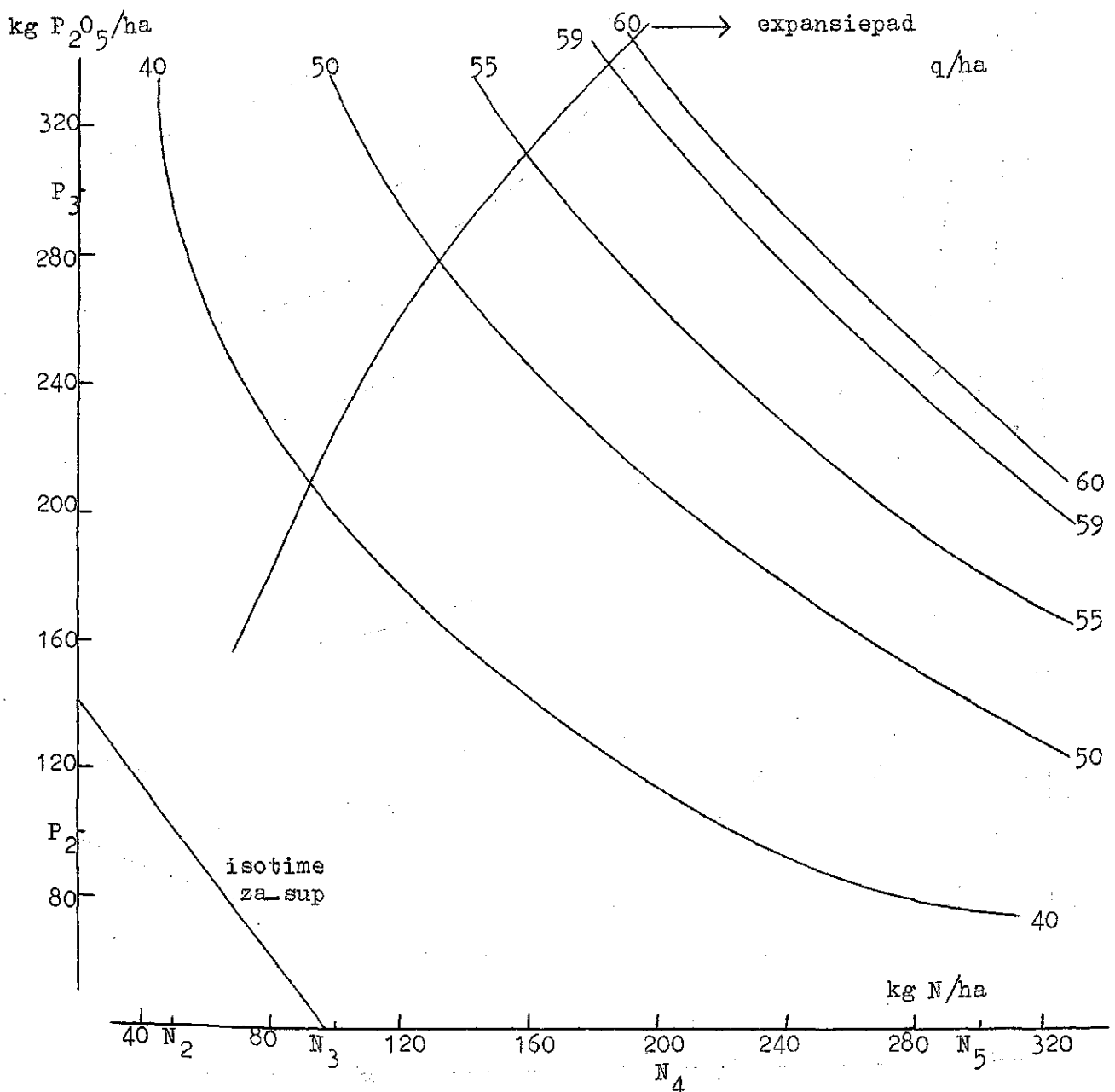
Bijlage 13

DE ISOPRODUKTCURVEN VAN DE ZETMEELOPBRENGST BIJ NOORDELING, N-ks
Pr. 965



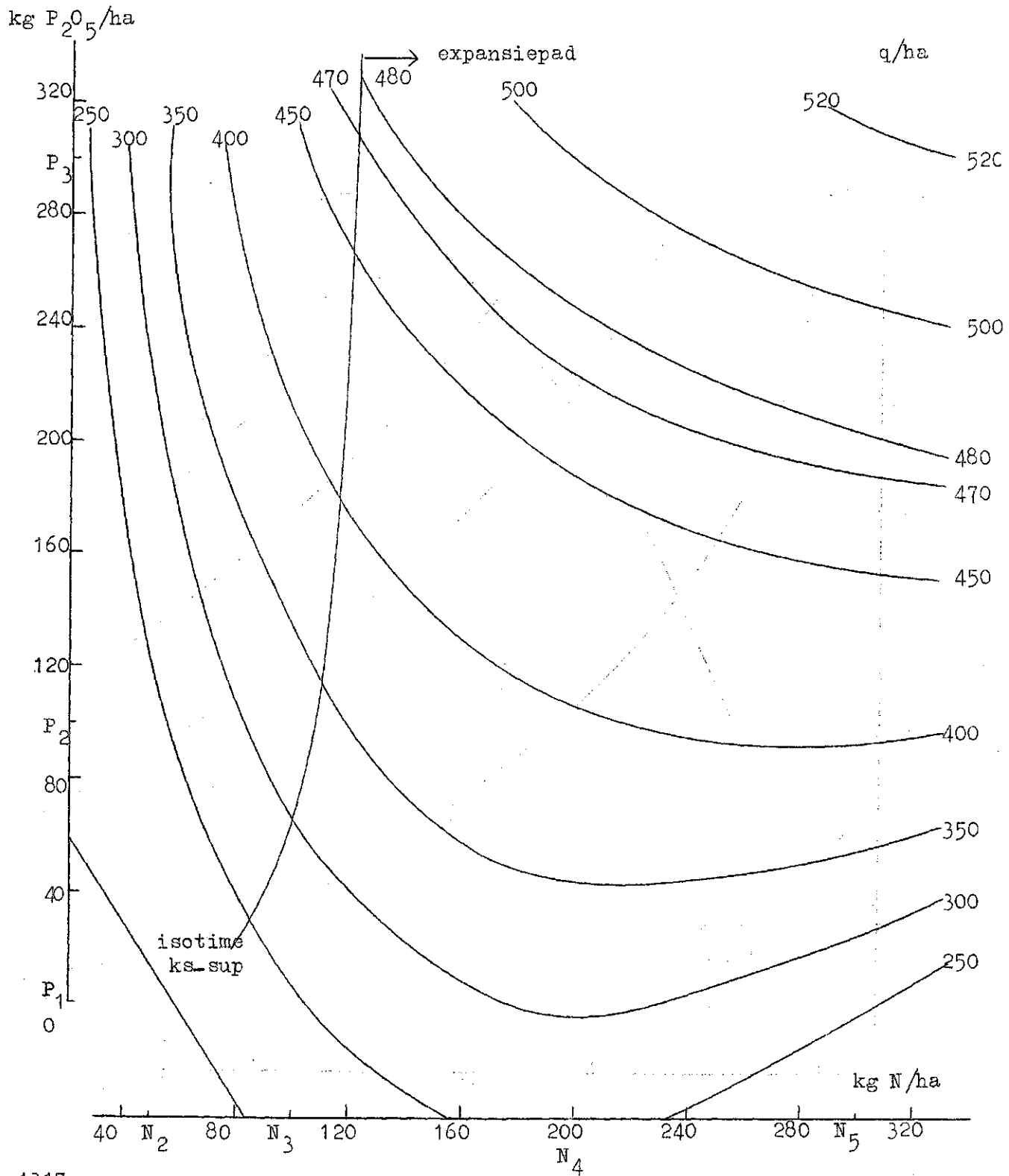
Bijlage 14

DE ISOPRODUKTCURVEN VAN DE ZETMEELOPBRENGST BIJ NOORDELING, N-za
Pr. 965



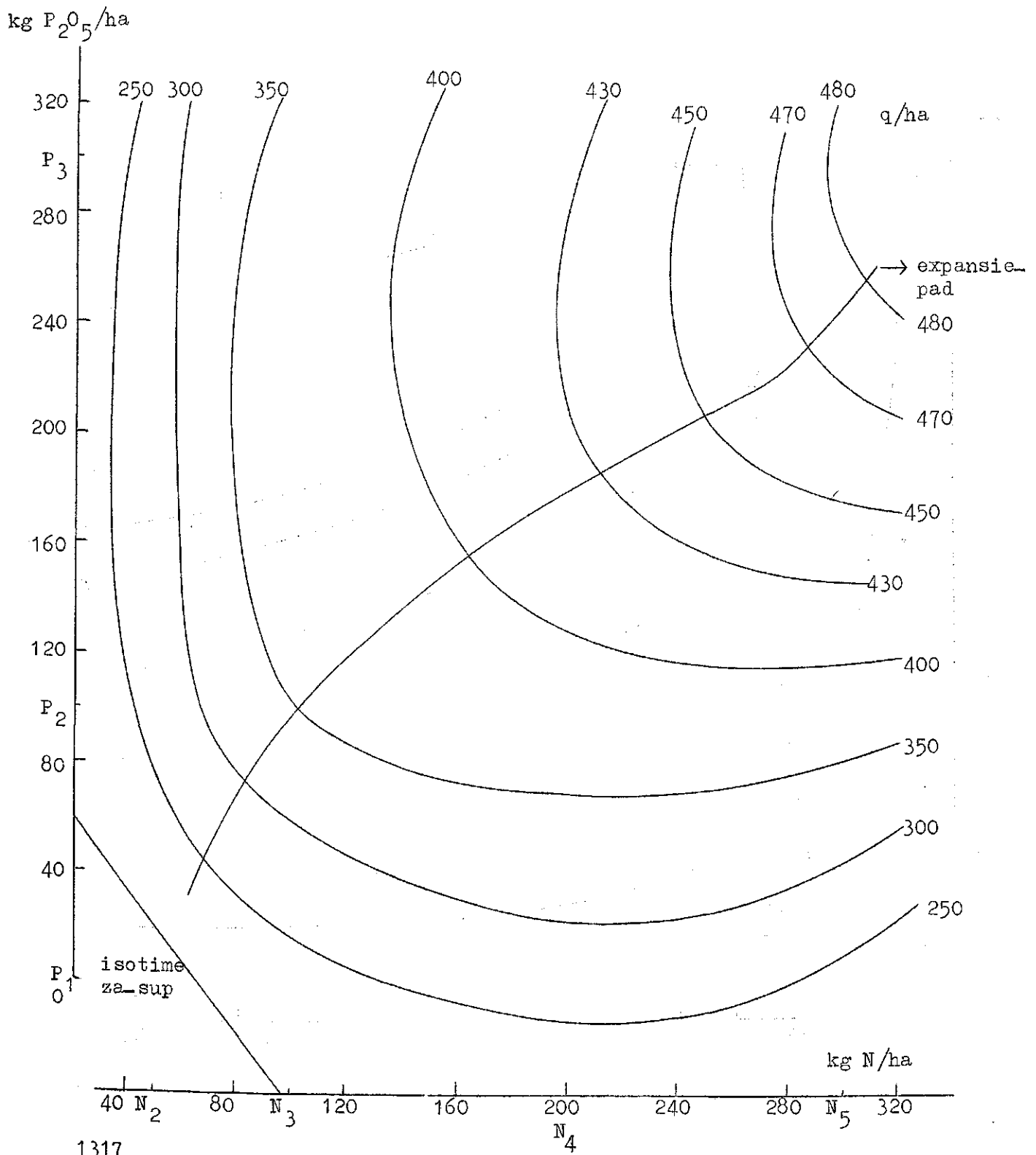
Bijlage 15

DE ISOPRODUKTCURVEN VAN DE AARDAPPELOPBRENGST BIJ VORAN, N-ks
Pr. 965



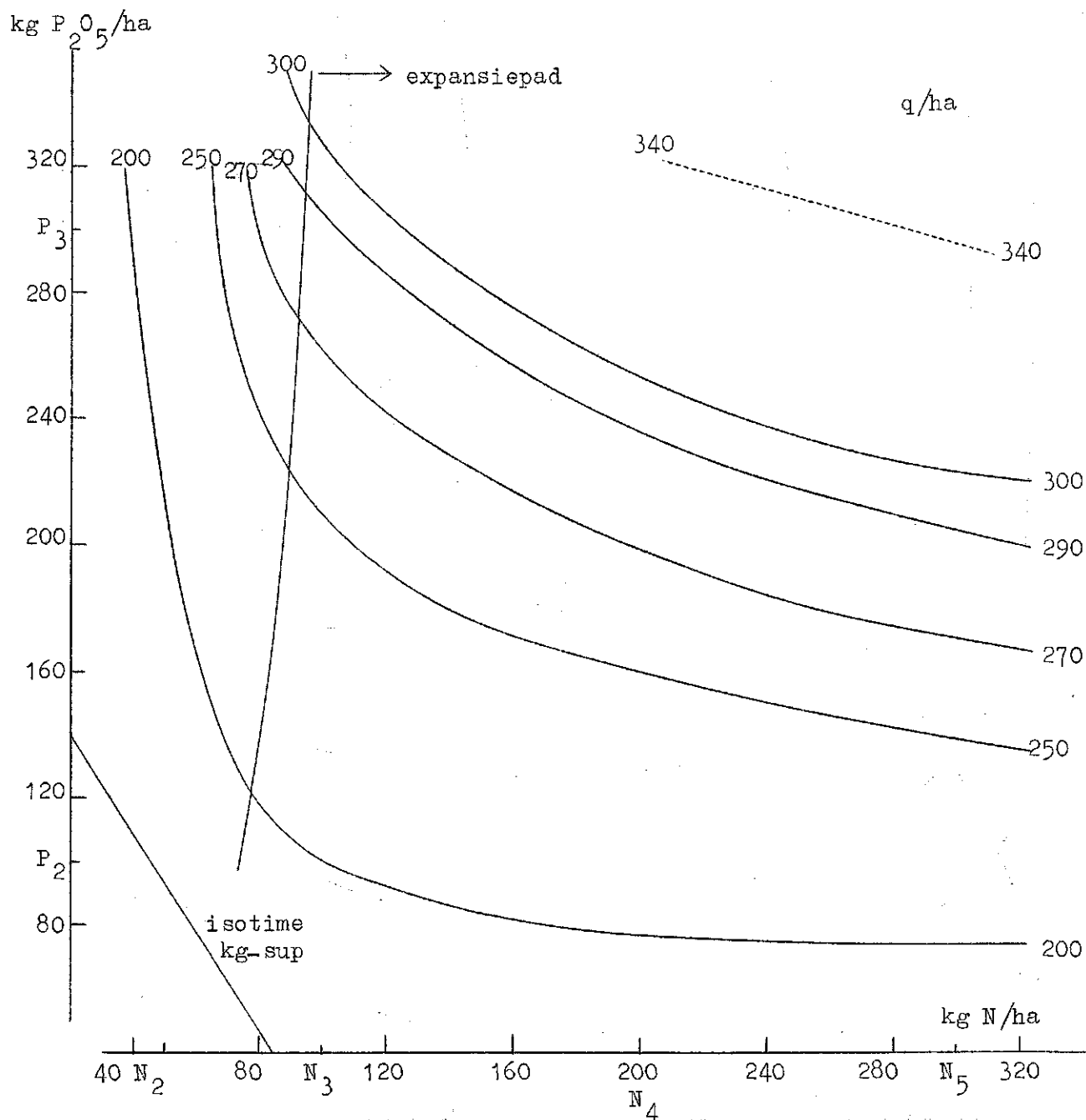
Bijlage 16

DE ISOPRODUKTCURVEN VAN DE AARDAPPELOPBRENGST BIJ VORAN, N-za
Pr. 965



Bijlage 17

DE ISOPRODUKTCURVEN VAN DE AARDAPPELOPBRENGST BIJ NOORDELING, N-ks
Pr. 965



Bijlage 16

DE ISOPRODUKTCURVEN VAN DE AARDAPPELOPBRENGST BIJ NOORDELING, N-za
Pr. 965

